
Septemb 1899
R.W. Gibson Inv

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME TRENTE-QUATRIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL

NEUCHATEL
DELACHAUX ET SANDOZ

1869

NOTE SUR QUELQUES GLACIERS

DE

LA CHAINE DU CAUCASE

ET PARTICULIÈREMENT

SUR LE GLACIER DE DEVDOROC

PAR

ERNEST FAVRE.

Avec une carte (planche I).

La chaîne du Caucase, plus étroite que celle des Alpes, la dépasse de beaucoup en hauteur. On admire de loin ses cimes neigeuses, dont la plupart n'ont pas été foulées par le pied de l'homme. Les formes hardies et découpées de l'Elbruz, du Kasbek et de la haute crête dentelée qui sépare ces deux colosses, frappent l'imagination. Quand on a pénétré dans l'intérieur des montagnes, cette impression grandiose s'efface parfois. Le voyageur jouit rarement d'une vue d'ensemble ; de grands escarpements bornent son horizon, et il faut s'élever à des hauteurs beaucoup plus grandes que dans les Alpes pour pouvoir contempler de vastes panoramas, semblables à ceux qui font la beauté de ces montagnes. Les vallées, très-encaissées, sont difficilement accessibles dans leur partie supérieure ; les glaciers retirés dans les montagnes ne viennent point s'étaler à tous les regards et offrir au savant ou au touriste l'attrait qu'ils présentent dans les Alpes. Il en est peu qui descendent au-dessous de 2000 à 2400 mètres, hauteur où l'explorateur va rarement les

chercher. Dans les Alpes, au contraire, la limite inférieure de plusieurs des glaciers principaux se trouve entre 1000 et 1300 mètres (glacier d'Aletsch 1228^{m}; glacier des Bois 1125^{m}; glacier de Grindelwald 1050^{m}).

D'où vient cette différence? Elle tient en grande partie à la différence des climats. Mais elle provient aussi de la configuration même du pays. Au premier abord, la structure du Caucase semblerait favorable au développement des glaciers. Il existe dans cette chaîne un grand nombre de vallées encaissées, qu'on pourrait appeler vallées en *entonnoir*; M. Abich les nomme vallées en *chaudron*. Elles descendent de cirques formés par des montagnes élevées, et constituent de vastes bassins dont les issues sont très-rétrécies. Une des plus remarquables se trouve dans le grand massif, d'où le Tschérek tire son origine. Ce massif est situé dans la partie de la chaîne qui limite au nord la Haute-Souanétie, au sud-est de l'Elbruz.

..... « Toutes les vallées, dit M. Abich [1], rayonnent « vers le centre d'un système d'où part la grande vallée du Tschérek. Cette vallée est la seule échancrure « qui établit une communication hydrographique de l'intérieur du vaste cirque au versant nord du Caucase... »

La crête non interrompue de ce cirque a 115 verstes [2] de longueur. « La masse pyramidale du Dykh-Taou qui « s'élance avec des arêtes et des aiguilles semblables à « celles du Mont-Blanc jusqu'à la hauteur absolue de

[1] Abich, *Aperçu de mes voyages en Transcaucasie en 1864. Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou*, 1865, p. 534.

[2] Voici la réduction en mètres, des principales mesures russes employées dans ce travail : 1 pied = 0^{m},30479; 1 sagène = 2^{m},134; 1 verste (500 sagènes) = 1^{kil},067.

« 16924 pieds (5158^{m}), domine l'entrée du cirque du « côté du nord-est. Une chaîne latérale qui part du Dykh-« Taou pour rejoindre avec une légère courbure la « chaîne principale à une distance de 25 verstes s'élève « au milieu, dans le Kaschtan-Taou, jusqu'à la hauteur « de 17091 pieds (5209^{m}). La hauteur absolue de la « cime culminante de l'Adisch n'est pas déterminée tri-« gonométriquement; mais elle doit se rapprocher égale-« ment de chiffres analogues [1]. »

Les montagnes citées ici, puis, plus à l'est, l'Adaï-Kogh (hauteur 15244 pieds, 4646^{m}) et le Kasbek (hauteur 16546 pieds, 5043^{m}) sont les cimes les plus importantes de la haute chaîne qui s'étend du Kasbek à l'Elbruz. Cette dernière sommité, qui dépasse encore le Kaschtan-Taou de 437 mètres, atteint l'élévation de 18526 pieds (5646^{m}).

Malgré la hauteur de ces cimes, on ne trouve pas au milieu d'elles ces vastes réservoirs et ces grands plateaux qui favorisent dans les Alpes l'accumulation des neiges; les crêtes plus escarpées offrent une moins grande surface au développement des névés, et cette cause unie à la température plus élevée, nous explique pourquoi le Caucase ne donne pas naissance à des glaciers comparables aux grands glaciers alpins, tels que celui d'Aletsch dans le Valais ou la Mer de Glace en Savoie.

Cette chaîne n'est cependant pas dépourvue de glaciers de premier ordre comme on l'a cru pendant longtemps et comme l'a dit M. Agassiz [2]. Il suffit de voir les glaciers

[1] Abich, *Aperçu*, etc., p. 534.

[2] M. Agassiz (*Nouvelles études et expériences sur les glaciers actuels*, etc., 1847, p. 4) dit : « Dans l'état actuel de nos connaissances géo-« graphiques, on peut poser en principe que les Alpes sont la seule

qui descendent des pentes de l'Elbruz, celui du Baksan, par exemple, pour se convaincre du contraire. Ce vaste glacier est formé de deux branches qui se réunissent dans la partie supérieure de la vallée, où il est profondément encaissé. Il est bordé de moraines composées principalement de trachyte et de lave; il se termine à quelques verstes seulement des habitations et des terres cultivées. Depuis quelques années, il a envahi la forêt de pins et de sapins qui occupe le fond de la vallée. Sa largeur à son extrémité est de 1300 à 1400 pieds.

Nous n'avons pas de données sur les glaciers qui descendent du Pasis-Mta. De ce haut massif partent les quatre vallées du Tschérek et de l'Ouroukh au nord, du Rion et du Tzheniz-Tzkhali au sud.

Au nord-ouest du col de Mamisson (hauteur 2862 mètres) qui relie le bassin du Rion à celui du Naridon, se dresse le grand massif de l'Adaï-Kogh. « Un superbe « glacier de premier ordre en descend vers le nord « entre les arêtes de Bordjoula et de Saourdaour. « C'est le glacier du Khaltschi-Don. Il a au moins la « largeur de 1500 pieds; il traverse la région des forêts « sur une très-longue distance et s'approche du village « de Dsinaka[1]. »

Un autre glacier non moins important, celui de Zéa, descend des pentes du même massif. « Il a, dit Abich[2], « une grande analogie avec les glaciers normaux des « Alpes. On le retrouve à 17 verstes du Naridon en « deçà de la limite des forêts. Il présente des moraines

« chaîne de montagnes de la zone tempérée qui possède des glaciers « de premier ordre. »

[1] Abich, *Aperçu*, etc., p. 547.

[2] Abich, *Aperçu*, etc., p. 551.

« latérales bien prononcées. On reconnaît aussi une mo-« raine terminale et les traces de moraines médianes dans « le lointain. » Sa largeur est de 1500 pieds, sa longueur de 6 à 7 verstes. Plus à l'est se trouve le massif du Kasbek qui donne naissance à plusieurs glaciers. Le principal est celui de Devdoroc qui occupe les pentes du côté nord-est. Les autres peu connus et de moindre importance sont le glacier d'Atchirietchi au nord et ceux de Mna, de Suatis et de Orstvéri au sud. Ce dernier, bordé de deux grandes moraines, a un volume considérable et produit un bel effet. Sa longueur est de quatre verstes, et sa largeur de 1400 pieds environ.

Les glaciers du versant sud acquièrent leur plus grand développement dans la haute Souanétie ; ils donnent naissance aux affluents septentrionaux de l'Ingour. Le premier affluent, à partir de la source du fleuve, provient d'un glacier de premier ordre qui descend du flanc oriental de l'Adisch-Khogh. Le beau glacier de Kildé venant directement des flancs de l'Adisch a tous les caractères d'un glacier d'écoulement. Plus à l'ouest, deux rivières, le Trouïber et le Zzanner qui, après leur réunion, se jettent dans l'Ingour, naissent chacune d'un glacier de premier ordre. Le glacier de Zzanner est produit par la jonction de deux glaciers latéraux. « C'est, dit M. Abich, un véri-« table glacier d'écoulement qui descend assez loin au-des-« sous de la limite des forêts[1]. »

Enfin, je citerai encore un glacier important qui provient des pics inaccessibles de l'Ouschba et descend vers la vallée de Mestia, où il donne naissance à un des affluents de l'Ingour[2].

[1] Abich, *Aperçu*, etc., p. 532.
[2] Abich, *Aperçu*, etc., p. 531.

Voici, d'après les mesures de M. Abich, la hauteur au-dessus du niveau de la mer de la base des glaciers que nous venons d'énumérer :

		pieds	mètres
Versant nord :	Baksan	7070	2347
	Zéa	6575	2004
	Khaltschi	5702	1738
	Devdoroc[1]	7540	2298
Versant sud :	Kildé	7912	2411
	Tschkharr	7935	2418
	Zzanner	6612	2035

Kolenati[2] indique pour hauteur moyenne de la base de huit glaciers dans le Caucase, 2185 mètres.

Tous ces glaciers ne conservent leur caractère de glacier d'écoulement que sur une étendue de peu de kilomètres. Descendant des champs de névés par une pente plus ou moins rapide, ils atteignent bientôt la limite de la végétation et s'arrêtent peu après l'avoir franchie.

Suivant M. Abich[3], la limite des neiges dans la haute

[1] Cette mesure est tirée de la carte de M. le colonel Statkowski.

[2] *Les glaciers du Kasbek*, etc. — *Bulletin de l'Acad. des Sciences de St.-Pétersbourg*, 1845, IV. — *Annales de Poggendorff*, 1845, VI. — *Erman's Archive*, etc., 1846, V.

[3] *Vergleichende Grundzüge der Geologie des Kaukasus wie der Armenischen und Nordpersischen Gebirge*, *Mém. de l'Académie impér. des Sciences de St.-Pétersbourg*, 6me série, VII, 1859, p. 461. — La limite des neiges éternelles et des glaciers s'élève, lorsqu'on se dirige vers le Daghestan et l'Arménie. Dans le massif du Schagdag, partie méridionale du Daghestan, la limite des neiges est à 12429 pieds. Le glacier principal qui descend des flancs du Schagdag s'arrête à 10487 pieds. Au grand Ararat, la base du glacier, qui descend par la gorge de Jacob, est à 9172 pieds. (Abich, *Zur Geologie des sudöstlichen Kaukasus. Bulletin de l'Académie impér. des Sciences de St.-Pétersbourg*, 1866, VI.)

Souanétie est à 9527 pieds (2900m environ au-dessus du niveau de la mer. Le même auteur fixe celle de la végétation arborescente à 7298 pieds (2224m). M. Radde, directeur du musée de Tiflis, l'évalue, d'après un grand nombre d'observations, à 7600 pieds (2316m) [1]. La moyenne entre ces deux chiffres est 2270m. La hauteur moyenne de la base des glaciers de premier ordre dont nous avons les mesures est de 7198 pieds (2212m). Ces données qui ne sont, il est vrai, que très-approximatives, nous montrent que les glaciers descendent en moyenne de 688 mètres au-dessous de la limite des neiges éternelles et ne franchissent que de 58 mètres la limite de la végétation arborescente.

Si les glaciers actuels du Caucase sont peu connus, nous avons encore moins de données sur l'état de cette région durant la période glaciaire. M. Abich niait encore, en 1858, que le Caucase en eût subi l'influence. Il déclarait que « les dépôts de blocs erratiques, ainsi que le « phénomène du polissage et du striage en relation avec « ces dépôts ne se retrouvent pas dans le Caucase [2]. » Il est vrai que, depuis cette époque, l'opinion de ce savant géologue paraît s'être modifiée et que ses explorations l'ont mis à même de constater de nombreuses traces des anciens glaciers. Le rapide voyage que j'ai fait dans ce pays m'a aussi permis d'en reconnaître des restes importants.

En suivant la route de Géorgie, de Tiflis à Vladicawcas,

[1] Radde, *Berichte über die biologisch-geographischen Untersuchungen in den Kaukasus-Lændern.* Tiflis, 1866, p. 58.

[2] *Vergleichende Grundzüge*, etc , p. 519. — M. Tchihatchef a reproduit cette assertion dans un ouvrage récent : *Une page sur l'Orient*, 1868, p. 255.

on a plus d'une fois l'occasion de les remarquer. La présence du terrain erratique et des cailloux striés au col de Goudaour, les roches polies de la gorge de Dariel, et plus loin les moraines et les blocs erratiques de la rive gauche du Térek, montrent que le phénomène glaciaire a dû avoir dans cette vallée une grande importance.

Les dépôts des environs de Vladicawcas ne font que confirmer ce fait. A trois verstes au sud de la ville, on voit sur la rive droite du Térek des moraines et un terrain glaciaire très-puissants. Les blocs erratiques se rencontrent dans Vladicawcas même et sont très-abondants plus au nord dans la steppe. Ce sont en général des masses granitiques dont la plus grande longueur ne dépasse pas quatre ou cinq mètres. Elles forment de grandes traînées qui rayonnent à partir du point où le Térek débouche dans la plaine et l'on peut remarquer le fait curieux que la longueur de chaque bloc est toujours perpendiculaire à la direction générale de la traînée. Dans une course que j'eus le plaisir de faire avec M. le colonel Delacroix, je suivis plusieurs de ces lignes; elles se trouvent sur les deux rives du Térek, mais principalement sur la rive droite; l'une d'elles se dirige du sud au nord sur une longueur de huit verstes jusqu'à la colonie allemande; plusieurs autres se prolongent dans des directions différentes à une moins grande distance. Des soldats qui fourrageaient dans la steppe et des voyageurs m'assurèrent cependant qu'on rencontre encore des blocs à quinze verstes de Vladicawcas, et M. le colonel Delacroix confirma ce fait en me disant qu'ils s'étendent vers le nord-est jusqu'à une élévation de trois à quatre cents pieds qui sépare le bassin du Térek de celui de la Sunja. L'explication de leur position transversale est difficile à donner.

En 1858, M. Abich[1] ne croyait voir dans le phénomène erratique de la vallée du Térek et dans les blocs des environs de Vladicawças que le résultat des avalanches du glacier de Devdoroc et des débacles qui en sont la conséquence. Il attribuait une origine analogue au polissage des roches, qui forment les flancs de la vallée de Devdoroc et de la vallée de Stepan-Zminda, laquelle débouche dans celle du Térek en face de la station de Kasbek. Il s'appuyait, pour soutenir son opinion, sur l'exemple d'une avalanche qui eut lieu en 1840, à l'Ararat et qui entraîna à une distance de sept verstes des blocs d'une grosseur énorme. Cet exemple, quelque frappant qu'il soit, ne suffit pas, il me semble, pour expliquer le transport de blocs même moins considérables jusqu'à plus de huit verstes dans la steppe en avant de Vladicawcas, soit à 44 verstes (47 kilomètres) du point où la vallée de Devdoroc se joint à celle du Térek.

Dans la vallée du Baksan, dont les parois très-abruptes n'ont pu garder de traces des dépôts glaciaires, on voit à trois verstes au-dessus du village d'Ourouspiew et à vingt-deux verstes environ du glacier, une moraine de deux cents pieds de hauteur, formée principalement de blocs de granit. Elle barre la vallée dont le fond est beaucoup plus élevé en amont de ce point qu'en aval. Le Baksan s'est frayé un chemin en enlevant l'extrémité droite de cette moraine. J'ajouterai encore que j'ai vu dans le haut de la vallée du Kirtik, affluent du Baksan qui aboutit à Ourouspiew de grands dépôts erratiques. J'ai fait la même observation dans la partie supérieure du bassin du Naridon, au confluent de ce fleuve avec le Mamisson et le

[1] Abich, *Vergleichende Grundzüge*, p. 459 et suiv.

Saramak. Je suis heureux de pouvoir ici m'appuyer sur l'autorité de M. Abich [1]:

« La vallée de Saramak offre un intérêt particulier « par l'étendue et la puissance des accumulations du di- « luvium glaciaire, dont les traînées se dessinent jusqu'à « des hauteurs considérables de 400 à 500 pieds au- « dessus du Naridon sur les bords élevés de la vallée de « Saramak même. L'ancien glacier a dû se trouver un « jour à cette hauteur, car c'est de là que partent les « nombreux blocs erratiques qui se replièrent sur les « bords de la vallée de Mamisson même, et se répandi- « rent sur les pentes plus bas. Ce sont ces débris qui « produisirent un talus énorme qui paraît avoir barré le « fleuve de Nari. La vallée de Saramak appartient à ces « espèces de vallées qui s'élargissent de bas en haut et « se terminent en cirque au-dessous des plus hautes ci- « mes d'un grand centre montagneux. Par cette raison, « cette vallée offre un exemple instructif pour montrer « la dépendance essentielle de l'étendue d'un glacier de « la forme et de la configuration des vallées dont il naît. « Ces conditions physiques qui, par rapport au déve- « loppement des glaciers, l'auront toujours emporté sur « les conditions climatologiques sont les causes pour les- « quelles les dépôts des anciens glaciers ne sont pas des « phénomènes universels dans la haute région du Cau- « case, et pour lesquelles ils manquent parfois là, où d'a- « près les hauteurs absolues de l'endroit seul, on aurait « toute raison d'attendre leur présence. »

La vallée de Zéa offre aussi les preuves d'une ancienne extension beaucoup plus considérable de son glacier qui a encore une grande importance :

[1] *Aperçu*, etc., 1865, p. 548, 549.

« L'intérêt particulièrement géologique de la vallée « de Zéa, intimement lié avec l'existence du glacier ac- « tuel, se rattache aux preuves évidentes de l'énorme « étendue que ce glacier doit avoir eue à une époque re- « culée. La surface lisse des rochers qui forment les pa- « rois escarpées des deux côtés du glacier, la hauteur « jusqu'à laquelle les indices de frottement et de polis- « sage s'élèvent partout au-dessus du niveau actuel de « la vallée qui présente la forme d'une excavation régu- « lière, ne peuvent pas laisser de doutes sur la portée du « phénomène proportionné à l'extension des réservoirs « glaciaires qui favorisa la structure de cette haute val- « lée. La vallée de Zéa se rétrécit considérablement vers « son union avec celle de Nari, où elle est jusqu'à des « hauteurs de 80 à 100 pieds, obstruée par des accumu- « lations d'un terrain erratique d'origine évidemment « glaciaire[1]. »

Dans la haute vallée de l'Ingour, M. Abich a constaté la présence de restes considérables d'anciens dépôts glaciaires: « Plusieurs villages de la communauté de Latali, « sont placés, dit-il, sur les accumulations gigantesques « d'un diluvium glaciaire, que l'on doit rapporter aux « anciens glaciers qui descendaient de la région de la « haute chaîne principale dans les vallées des cantons « de Mestia et de Moullakh[2]. »

La vallée d'Adisch et celle de Kildé ont présenté à cet habile observateur des phénomènes analogues[3].

Mais le fait le plus remarquable venu à ma connaissance, est la découverte, due à ce savant, d'un grand dé-

[1] Abich, *Aperçu*, etc., p. 551.
[2] Idem, p. 531.
[3] Idem, p. 533, 536.

pôt erratique de trachytes et de roches cristallines à 9200 pieds de hauteur, dans un massif de terrains secondaires séparé de la chaîne centrale par une profonde vallée et situé entre la vallée de l'Ardon et celle du Térek. Si de nouveaux faits viennent s'ajouter à cette belle observation, ils confirmeront la grande importance de la période glaciaire dans le Caucase.

Parmi les glaciers de cette région, il en est un qui a attiré l'attention d'une manière toute spéciale et qui est depuis plusieurs années l'objet de graves préoccupations. C'est le glacier de Devdoroc[1]. Il a été décrit par M. le colonel Statkowski, dans un mémoire que nous reproduisons ici en grande partie, en le faisant précéder de quelques réflexions.

Lorsqu'on suit du sud au nord la route de Géorgie et que, après Goudaour, on franchit le col de la Croix (hauteur 7977 pieds) on entre dans le bassin du Térek. A Kobi, la route rejoint ce fleuve qu'elle suit jusqu'à la sortie des montagnes. A trente verstes de Goudaour, elle arrive au pied du Kasbek dont le cône trachytique couvert de neiges éternelles, se dresse à l'ouest.

Sept verstes au delà de la station de poste de Kasbek, la vallée de Devdoroc débouche dans celle du Térek. Elle est dirigée de l'O.-S.-O. à l'E.-N.-E. Sa longueur de l'extrémité du glacier au Térek est de cinq verstes. Sa largeur n'est pas grande. Elle est profondément encaissée entre deux parois de schistes ardoisiers.

Le glacier de Devdoroc[2] qui en occupe la partie supé-

[1] Voyez Kolenati : *Die Gletscherlavine am Kasbek. Bulletin de la Classe phys. mathém. de l'Acad. de St.-Pétersbourg*, II, n° 17.

[2] La géographie du Caucase est très-compliquée par la diversité des populations qui parlent toutes des langues différentes. Beaucoup de

rieure est de premier ordre. Il descend du flanc N.-E. du Kasbek. Il a quatre verstes de longueur et de quatre à cinq cents mètres dans sa plus grande largeur. Il prend naissance sur un grand plateau de névés de deux verstes de largeur, situé à 12000 ou 13000 pieds de hauteur au-dessus du niveau de la mer; puis il se rétrécit beaucoup, prend subitement une très-forte inclinaison qu'il conserve jusqu'à 10500 pieds, et présente un grand nombre d'aiguilles et de profondes crevasses. Après qu'il a franchi ce rapide, sa pente s'adoucit peu à peu, il s'étale dans la vallée et atteint sa plus grande largeur à 8200 pieds. A partir de ce point, il diminue de nouveau et se termine à 7540 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Deux affluents, séparés du glacier dans leur partie supérieure par de grandes masses de trachytes et de schistes noirs, viennent par une pente très-rapide se jeter sur son flanc droit. Ils descendent d'un vaste réservoir de névés, se terminent par des couloirs assez étroits et ne sont que des branches accessoires du glacier principal auquel viennent encore se réunir plus bas de longues coulées de neige.

Ce glacier est recouvert de moraines sur une grande partie de sa surface. La moraine latérale gauche s'élève actuellement à une assez grande hauteur [2] et forme sur la glace une bande étroite et continue. Du côté droit le glacier est couvert de débris qui occupent près de son

montagnes et de vallées possèdent plusieurs noms; le glacier de Devdoroc se nomme aussi Dagaour et Tsah-don; il est désigné sous ce nom dans plusieurs écrits.

[1] J'ai indiqué par une + la position de cette moraine sur la carte qui accompagne cette notice.

extrémité la moitié de sa largeur et l'envahissent entièrement à l'extrémité même. Ils proviennent de la réunion de la moraine latérale droite et de la moraine médiane, qui sont amenées par les affluents du glacier. Les crevasses sont considérables dans la partie supérieure et sur le côté gauche et sont moins grandes sur le côté droit, sauf près de l'extrémité des glaciers latéraux. Du côté gauche le glacier est limité par un cirque rocheux, fort élevé, qui ne lui envoie aucun affluent. Ce cirque se termine par un promontoire qui rétrécit subitement la vallée. Le Devdoroc est donc situé dans un large bassin très-encaissé, dont l'issue est fort étroite.

Le torrent l'Amilichka qui s'écoule du glacier a creusé profondément son lit dans le terrain erratique. Celui-ci s'élève à une grande hauteur sur la rive gauche et forme un plateau ondulé, parsemé de gros blocs. Sur la rive droite, ce terrain est moins développé et laisse voir la roche polie et moutonnée soit par l'ancien glacier qui remplissait la vallée, soit par le glacier actuel au moment des avalanches. A deux verstes du Devdoroc, l'Amilichka se joint au Tchach qui provient du glacier d'Atchieriet-chi, et ces rivières réunies prennent le nom commun de Kabahy. Le plateau de la rive gauche se termine à leur confluent et au pied de la montagne de Tchari par un escarpement d'environ trente mètres. En ce point la vallée s'élargit. Le torrent coule dans la partie gauche et n'est séparé des schistes ardoisiers que par une mince zone de terrain erratique. Son lit très-étroit est creusé à une profondeur qui varie de 60 à 80 mètres, et sur la rive droite le terrain erratique occupe toute la largeur de la vallée et forme de grandes ondulations.

Au point où la vallée du Kabahy débouche dans celle

du Térek, ce fleuve longe, sur une étendue de plus d'une verste, le terrain glaciaire dans lequel il a creusé son lit, et qui présente un escarpement de 100 mètres de hauteur. Ce terrain, d'époque moderne, est formé d'un amas confus d'argile, de sable, de cailloux et de blocs, et provient des avalanches gigantesques, qui, à diverses reprises, parcourent la vallée. Elles barrent dans leur chute le cours du Térek et détruisent la route militaire de la Géorgie. Or, comme cette route est jusqu'à ce jour la seule voie carossable qui relie la Russie aux provinces transcaucasiennes, on comprend la grande importance que le gouvernement doit attacher au moyen de combattre les avalanches dont le glacier de Devdoroc est l'origine. Toutes les années il est visité par une expédition d'ingénieurs et de topographes; une cabane a été construite dans le voisinage, et un chasseur du pays, nommé Dsogol, est chargé d'en observer la marche.

Les données que nous possédons sur le volume de ces avalanches, nous les présentent comme les plus considérables dont l'histoire des glaciers fasse mention. Les dernières d'entre elles eurent lieu en 1778, 1785, 1808, 1817, 1832 ou 1833, 1842 et 1855 ; il faut encore en ajouter deux qui eurent lieu entre 1785 et 1808, mais dont on ne peut préciser la date.

Le 19 juin 1776 il y eut, d'après le récit de Reineggs, « un affreux orage accompagné de tempête et de pluies « violentes. Un torrent épouvantable, descendant des « cimes du Kasbek, et entraînant des amas de pierres, de « glace bleuâtre et de neige, en précipita dans l'étroite « vallée des masses si considérables, que le cours du « Térek en fut arrêté pendant trois jours; et comme ni la « rivière (le Térek), ni le torrent de la montagne (le

« Kabahy) n'avaient d'issue, il en résulta une vaste inon-
« dation de la vallée. Nombre de villages et d'habitants
« succombèrent dans cette catastrophe, et d'autres endroits
« qui étaient à 258 pieds au-dessus du niveau du Térek
« (Gvéléthi était du nombre), allaient être atteints, lors-
« que la digue des glaces entassées s'ouvrit avec un
« fracas épouvantable, et rendit au Térek son cours ac-
« coutumé[1]. »

L'orage ne fut pas, comme paraît le croire Reineggs, la seule cause de la catastrophe ; il en fut la cause déterminante, et en donnant à l'avalanche plus d'intensité, il en rendit l'effet plus désastreux.

L'avalanche de 1817 s'étendit sur une longueur de deux à trois kilomètres. Dubois de Montpéreux passa en 1834 au pied du Kasbek. « Les restes de l'avalanche
« tombée en 1833 formaient encore, dit-il, à moitié
« chemin de Kasbek à Darial, des deux côtés du chemin,
« deux murs puissants de glace mêlée de blocs de pierre
« et de cailloux, qui, détachés au fur et à mesure de cette
« paroi par le dégel, s'écroulaient tout d'un coup au
« risque d'écraser les voyageurs. Ces amas de glace
« étaient un pont naturel sous lequel on entendait gron-
« der le Térek[2]. »

Une tradition populaire qui se rapporte au phénomène que nous décrivons ici, raconte que de temps à autres le Kasbek se dépouille en entier de son enveloppe de neige. Cette croyance, qu'il est inutile de réfuter, nous prouve cependant combien la débacle est considérable, et quelle effrayante impression elle produit sur les habitants de ces sauvages vallées.

[1] Dubois de Montpéreux, *Voyage autour du Caucase*, IV, p. 287.
[2] Dubois de Montpéreux, *Voyage*, etc., I, p. 286.

Mais ces avalanches n'ont jamais été observées d'une manière suffisamment exacte, et si l'on connaît bien leurs effets, on en est encore réduit à des hypothèses sur les causes qui les produisent. Des savants, parmi lesquels je citerai M. le colonel Statkowski et M. Khatissian, ont étudié le glacier avec une grande persévérance, et leurs recherches ont singulièrement contribué à éclaircir cette importante question.

Il y a dans la débacle du glacier de Devdoroc deux faits à distinguer :

1° L'augmentation considérable du volume du glacier.

2° L'intervention de l'eau qui détermine la débacle.

1° Le simple raisonnement et l'observation des faits prouvent surabondamment que les avalanches de la vallée de Devdoroc sont le résultat de l'accroissement du glacier; mais comment se produit cet accroissement? Il me paraît très-probable qu'il se fait d'une manière extraordinaire et avec une grande rapidité. Cette opinion peut s'appuyer sur un fait analogue qui s'est passé dans un glacier du Tyrol, dont la ressemblance avec le Devdoroc est frappante.

Le glacier de Rofen-Vernagt est situé sur le revers des monts Vernagt dans une vallée latérale qui aboutit à la vallée de Rofen, l'une des branches supérieures de l'Oetzthal. Il est sujet périodiquement à une augmentation extraordinaire de volume, et cause de temps à autres de grands ravages dans la vallée de Rofen. Il a été décrit par M. E. Frignet[1] qui nous donne un récit très-détaillé de ses crues extraordinaires. Son accroisse-

[1] E. Frignet, *Essai sur le phénomène erratique en Tyrol*, etc , 1846.

ment d'abord lent devient de plus en plus rapide. En 1677, on le vit parcourir en 90 jours une distance de 1200 mètres. D'octobre 1844 en janvier 1845 il s'allongea en moyenne de $1^{m},69$ par jour ; puis il franchit en douze jours les 120 mètres qui le séparaient de la vallée de Rofen, et il la barra entièrement. Son épaisseur augmentait en même temps que sa longueur.

« Les glaces libres de tout obstacle avaient acquis, « dit M. Frignet, une largeur effrayante, et une hauteur « dont l'élévation des moraines peut seule donner une « idée. . . . . . Les jalons et les points de repère fixés « par M. Rettenbacher à 224 mètres au-dessus de la « vallée, étaient recouverts et dépassés de plus de 50 « mètres[1]. »

Depuis la fin du seizième siècle ce glacier fit ainsi à différentes époques quatre irruptions dans la vallée, de 1599 à 1601, de 1677 à 1682, de 1770 à 1772, et de 1843 à 1845.

Quelle est la cause de cette crue extraordinaire ? M. Agassiz cherche à l'expliquer dans ses *Nouvelles études et expériences sur les glaciers actuels.* « Je conviens, dit- « il (p. 551), qu'il y a dans cette accélération prodigieuse « quelque chose d'insolite, dont il est difficile de se rendre « compte, surtout si l'on considère que les glaciers ad- « jacents n'en étaient pas affectés. C'est par conséquent « dans les conditions particulières de ce glacier qu'il « faut chercher la cause de cette anomalie. . . . Ce glacier « descend d'une sorte de terrasse entourée de cimes « neigeuses et s'arrête à l'entrée d'une vallée étroite, par « laquelle ses eaux s'écoulent dans le Rofenthal... Sup-

[1] Frignet, *loc. cit.*, p. 86, 88.

« posons qu'il survienne pendant une année des chutes « très-abondantes de neige dans la partie supérieure de « ce glacier, de manière que la somme de neige tombée « l'emporte sur la quantité de glace fondue, il en résul- « tera une augmentation de volume de la masse entière. « A partir de ce moment les conditions générales de la « progression se trouveront changées, et comme la vitesse « est en raison des masses, la progression devra naturel- « lement s'accélérer. . . . . Les glaces obligées de se res- « serrer dans un espace étroit, gagneront en hauteur ce « qui leur manque en largeur. J'ignore si ces circon- « stances réunies sont suffisantes pour rendre compte « de l'envahissement extraordinaire du glacier de Ver- « nagt; mais de toutes manières elles ont dû y contri- « buer. »

Ce savant attribue donc ces empiétements irréguliers à « des influences climatologiques, combinées avec la forme « particulière de la vallée. »

Il remarque que le Rofen-Vernagt est peu étendu. « Par conséquent, ajoute-t-il, si une influence accé- « lératrice quelconque survient dans les parties supé- « rieures de son cours, elle se communiquera en très- « peu de temps à tout le glacier et elle sera d'autant plus « sensible à l'extrémité que le couloir sera plus rétréci. »

Toutes ces réflexions peuvent également s'appliquer au glacier de Devdoroc.

Les circonstances dans lesquelles il se trouve sont plus favorables encore à un accroissement subit; car les plateaux couverts de névés, dont il provient, sont très-vastes, dominés eux-mêmes par la haute cime du Kasbek et le brusque rétrécissement de la partie inférieure du bassin est encore plus considérable. D'autre part, une

aussi forte augmentation du glacier n'est pas nécessaire pour produire l'avalanche. De même que pour le Rofen-Vernagt, la crue du Devdoroc est indépendante des glaciers environnants qui ne subissent pas d'accroissement extraordinaire.

Les habitants du pays qui examinent avec grand soin la marche de ce glacier, n'ont jamais constaté son augmentation que quelques semaines avant l'avalanche. Ce fait semble aussi indiquer que la crue du glacier doit se faire d'une manière extrêmement rapide.

La comparaison de quelques fragments du mémoire de M. Frignet, avec les faits cités par M. le colonel Statkowski dans la note que nous reproduisons plus loin, montrera l'analogie frappante qui existe entre les phénomènes qui se produisent dans le Rofen-Vernagt et le Devdoroc pendant leur accroissement :

« Avec le printemps (en 1844) recommencèrent, dit « M. Frignet, les détonations incessantes qui partaient « de la masse intérieure du Rofen-Vernagt. A la fin d'oc- « tobre les déchirements dans la masse du glacier furent « plus nombreux, les détonations ressemblaient aux éclats « de la foudre et avaient dans la vallée un retentissement « prolongé. — Décembre. — Augmentation des craque- « ments en fréquence et en intensité. Le Vernagtbach « disparaissait pendant plusieurs jours et soudain ses « eaux jaillissaient avec violence des crevasses du gla- « cier, mais elles étaient troubles et chargées de sables « et de débris. »

L'exemple parfaitement authentique de la crue extraordinaire du Rofen-Vernagt nous donne une explication naturelle de la cause de la débacle du Devdoroc. Ce glacier dans son état normal arrive à la hauteur du promon-

toire où la vallée se rétrécit; il le dépasse même souvent dans ses crues ordinaires et pénètre dans la gorge. M. le colonel Delacroix l'a vu il y a quelques années à une verste en avant du promontoire. Mais s'il survient une crue extraordinaire et subite, les conditions d'écoulement sont entièrement changées. L'issue n'étant plus suffisante, la glace s'accumulera, elle s'élèvera dans le bassin jusqu'à une très-grande hauteur, et pourra présenter, comme cela a été observé en 1855, une masse de 210 mètres de puissance.

Les observations de M. Khatissian nous prouvent d'ailleurs que, même en temps ordinaire, la pression du glacier sur ses parois est extrêmement forte. Une année où le glacier avait notablement augmenté, la glace se releva en se renversant contre les rochers de la rive gauche. Le glacier a sa plus grande épaisseur du côté gauche et les mesures prises par M. Khatissian lui ont montré que la marche de la glace est plus rapide dans cette partie que du côté droit. Arrêtée par les rochers, elle se rejette sur la droite de la vallée où elle trouve l'issue par laquelle elle peut s'écouler.

2° La débacle du glacier de Devdoroc ne peut se faire sans l'intervention de l'eau. Ce fait a été démontré par M. le colonel Statkowski dans le curieux mémoire que nous reproduisons plus loin.

Les preuves qu'il donne, tirées de la configuration même de la vallée et de l'observation directe du phénomène, n'ont besoin d'aucun commentaire.

« Le cours de la rivière est souvent complétement in-
« terrompu et lorsqu'il recommence l'eau est très-trou-
« ble (Rapport pour 1842). Parfois elle s'échappe de la
« glace avec une grande vitesse, puis son cours est brus-

« quement interrompu (Rapport pour 1855). » Jamais une avalanche ne pourrait, sans le secours de l'eau, parcourir l'espace qui sépare l'extrémité du glacier de Devdoroc du Térek et combler cette vallée sur une longueur de deux verstes ; avec une pente si faible et une vallée si étroite, plus l'avalanche serait considérable, plus elle serait promptement arrêtée.

Ces faits montrent clairement que nous sommes ici en face d'une *débacle* et non d'une avalanche. Cette observation a une grande importance aux points de vue scientifique et pratique tout à la fois.

Je ne connais dans les Alpes aucun exemple d'une débacle aussi considérable formée dans les mêmes circonstances. Celles des glaciers de Giétroz et de Rofen, citées par M. le colonel Statkowski en diffèrent ; car, dans chaque cas, le glacier arrêta le cours d'un torrent provenant d'une vallée supérieure.

L'eau ne peut produire quelque effet sans la formation d'un barrage ; elle doit s'accumuler en arrière d'une digue. Or, comment supposer que, dans une vallée étroite et encaissée, qui ne peut être barrée par aucun glacier venant d'une vallée latérale, le cours de l'eau soit subitement interrompu. On ne peut attribuer l'origine de cette digue à une avalanche venant des flancs de la vallée ; car il existe dans la vallée en avant du glacier et à la hauteur du promontoire une différence de niveau très-considérable qu'une avalanche de rochers serait impuissante à combler. De plus, la description des débacles nous dit au contraire qu'elles sont en grande partie composées de glace. Il faut donc rechercher dans le glacier même la cause de l'interruption du courant d'eau, ce qui confirme encore l'hypothèse qne nous avons faite

d'une crue subite et extraordinaire. C'est, il me semble, la seule manière d'expliquer ce phénomène, comment un glacier dont la croissance ne présente rien d'exceptionnel, pourrait-il empêcher l'écoulement de ses eaux ? Ce fait, qui n'a encore été signalé nulle part, me paraît impossible. Le cours de l'eau peut, au contraire, être arrêté par une crue subite du glacier; celui de Rofen-Vernagt nous en offre un exemple: on voyait, d'après l'ouvrage de M. Frignet, les eaux tantôt disparaître et tantôt jaillir des crevasses du glacier. D'autres fois, le volume du Vernagtbach était extrêmement réduit, bien que la fonte des glaces fût très-rapide.

Or, le glacier de Devdoroc est encore plus encaissé que le Rofen-Vernagt; il est plus élevé au-dessus de la mer; il peut donc plus facilement se geler à son lit et empêcher l'écoulement de l'eau. Il y a en faveur de cette hypothèse une très-grande probabilité.

En résumé, il me semble qu'on peut rendre compte de la manière suivante de la débacle du Devdoroc:

Par des causes dépendant des circonstances atmosphériques et de sa position même, le glacier est sujet de temps à autre à des crues subites et extraordinaires; gêné dans son accroissement en longueur, par la forme de la vallée, sa croissance en largeur et en hauteur augmente d'autant plus en amont de la gorge. Celle-ci se remplit de glace, mais l'issue n'étant plus suffisante, il se forme à son entrée une accumulation. Le cours de l'eau est intercepté. L'eau s'accumule dans les profondes crevasses et en arrière de la digue. Celle-ci, ne pouvant supporter une pression toujours croissante, finit par se rompre. Cette masse immense d'eau et de glace, entraînant avec elle les grands amas de neige des coulées latérales,

se précipite avec une rapidité extraordinaire ; elle s'augmente en avançant des débris arrachés aux flancs de la vallée. Lorsque celle-ci s'élargit, la débacle n'étant plus retenue par les sinuosités de la gorge et les frottements contre les parois, accélère encore sa marche, jusqu'au moment où elle arrive à la vallée du Térek; elle s'y étend, elle la barre; le fleuve reflue et il se détermine là une nouvelle accumulation d'eau. Cette eau finit par trouver une issue, ronge et entraîne une partie de la digue et se précipite avec une violence incroyable. Elle enlève peu à peu le terrain erratique dont elle ne laisse les débris que sur les flancs de la vallée. Cette seconde débacle est analogue à celles des vallées de Bagnes et de Rofen. Peu à peu tout rentre dans l'ordre et le glacier reprend pendant une période de quelques années ses dimensions normales.

L'exposé même de ces faits montre que l'on ne peut assigner une période fixe à ce phénomène. et l'histoire est contraire à l'assertion de Dubois de Montpéreux[1] qui dit que cette débacle se reproduit tous les six ou sept ans.

Cette note servira d'introduction à la notice que M. le colonel Statkowski a publiée sur le glacier de Devdoroc, et dont je reproduis ici une grande partie. L'auteur de cette brochure remarquable a été le premier à reconnaître l'influence de l'eau dans cette grande débacle, ce qui était un point très-important à établir. Mais il suppose au glacier un mouvement lent et régulier ; cette hypothèse complique, il me semble, l'explication de l'origine du phénomène. Peut-être aurait-il adopté une autre opinion, s'il avait connu en détail l'histoire du glacier de

[1] *Voyage autour du Caucase*, IV, p. 286.

Rofen-Vernagt. Quelle que soit l'origine de ces formidables avalanches, il me paraît difficile de lutter contre la nature et de leur opposer une résistance énergique ; je ne puis m'empêcher de croire que ce glacier sera toujours une menace pour la route, à moins qu'on ne construise celle-ci à une grande hauteur au-dessus du fond de la vallée.

Je remercie M. le colonel Statkowski d'avoir bien voulu me confier son travail pour le publier. J'ai été très-heureux de trouver dans le Caucase des amis de la science aussi dévoués que le sont M. le colonel Statkowski et M. Khatissian. L'œuvre de la science est encore peu avancée dans ces contrées lointaines et les documents que nous possédons sur ces pays joignent à leur propre mérite celui de la rareté.

RECHERCHES

SUR

LES CAUSES DES AVALANCHES

DU GLACIER DU KASBEK[1]

PAR

M. BOLESLAS STATKOWSKI

Colonel du génie.

Avec une carte (planche I).

La dernière avalanche du glacier de Devdoroc eut lieu en 1832. Elle parvint jusqu'au lit du Térek et remplit la vallée d'une masse de glace, de pierres et de boue, qui s'étendit sur une longueur de 1017 sagènes (2170 mètres), et s'éleva à une hauteur de 300 pieds (91^{m}). D'après l'évaluation de M. le capitaine du génie Grauert, témoin de cette catastrophe, le volume de cette masse fut de 1600000 sagènes cubes. Cette avalanche coupa la route militaire de la Géorgie et entrava pendant deux ans la circulation. En 1842 et en 1855 on s'attendait à de nouvelles débacles qui n'eurent heureusement pas lieu. On prétendit alors que le nouveau relief de la vallée les rendait impossibles. En 1861, M. Abich visita cette localité, et souleva de nouveau la question de la chute du glacier. Dans une lettre adressée à M. Kartzoff, aide de camp général et chef d'état-major de l'armée du

[1] Extrait du *Journal du Ministère des voies et communications*, 1866, — et des *Mémoires de la Société géographique de Tiflis*, tome VII.

Caucase, il insista sur le haut intérêt scientifique et l'importance de l'étude de ce glacier pour la sécurité publique, et demanda que la cause de la débacle fut examinée d'une manière sérieuse. Dès 1862 on dirigea chaque année sur ce point une expédition. Les deux premières levèrent les plans topographiques[1] de la partie inférieure du glacier et de la gorge; elles examinèrent les glaciers environnants, prirent des mesures barométriques et firent quelques expériences sur l'ablation et le mouvement des glaces. En 1864 et 1865 je fus chargé de continuer ces recherches dont je me propose d'indiquer ici les résultats.

Après avoir étudié les travaux relatifs aux glaciers des Alpes, je suis arrivé à l'opinion que cette débacle ne peut avoir pour cause unique la rupture d'une partie du glacier; car l'avalanche ralentie dans son mouvement par la faible inclinaison de la vallée, par les aspérités et les sinuosités de la gorge de Devdoroc serait promptement arrêtée. La cause de ce phénomène tient, il me semble, à la configuration particulière du ravin près de la partie inférieure du glacier. J'ai donc fait lever des plans détaillés de cette partie de la vallée par l'expédition de 1865. Ces plans serviront de base à l'étude des travaux à entreprendre pour empêcher à l'avenir la formation de la débacle.

La gorge de Devdoroc, large de 175 sagènes (375^m), se rétrécit près de l'extrémité du glacier jusqu'à 15 sagénes (32^m). Un promontoire, couvert de rochers qui s'éboulent sans cesse, s'avance du côté gauche dans la vallée qu'il barre presque entièrement. Le glacier dans ses variations de volume a dû souvent atteindre ce promontoire. En supposant une série d'années qui soient

[1] A l'échelle de $\frac{1}{4200}$.

toutes favorables à l'accroissement du glacier, il est facile de prévoir que celui-ci, rencontrant un obstacle à son écoulement, formera à l'entrée de la gorge une digue de glace qui atteindra une hauteur considérable, et barrant le passage à l'Amilichka, produira un lac. La pression des eaux augmentant de plus en plus, finira par rompre la digue. Cette masse immense se précipitant tout d'un coup le long d'un ravin étroit et sinueux, déchirera ses berges ; elle arrivera au Térek et formera là un barrage de glace, de pierres et de boue, semblable à celui de 1832. La neige accumulée dans les couloirs qui aboutissent à la partie inférieure du glacier contribuera encore à grossir cette avalanche, et s'il survient un de ces grands orages, si fréquents dans les montagnes pendant les chaleurs de l'été (ce cas s'est présenté plusieurs fois), la force dévastatrice de la débacle en sera encore augmentée. On ne peut assigner aucune période fixe au renouvellement de cette débacle, et l'on ne peut en prévoir le retour avant que le glacier l'annonce par quelque phénomène précurseur. L'opinion des habitants du pays qui croient qu'elle se reproduit tous les sept ans est dénuée de fondement ; elle est en contradiction avec les faits et s'explique par la valeur presque sacrée qu'ils attribuent au chiffre sept. Les variations des glaciers dépendent d'un grand nombre de circonstances, particulièrement de l'influence du temps et de la température. La débacle aura lieu chaque fois que le glacier croîtra suffisamment pour accumuler ses glaces en arrière du promontoire et former un barrage qui arrête l'écoulement de ses eaux.

De nombreux exemples tirés des glaciers des Alpes viennent confirmer le fait que les eaux peuvent être la

cause de cette débâcle. Un des plus frappants est celui du glacier de Giétroz. Ce glacier qui barra la vallée de Bagnes en 1595 et 1818, arrêta le torrent de la Dranse, le fit refluer, et le transforma en un lac long de 4 kilomètres, qui s'écoula tout à coup par une rupture du glacier et dévasta la vallée [1]. Un fait semblable s'est passé au glacier de Rofen [2]. La débâcle du glacier n'est donc qu'une déjection d'un torrent d'énormes dimensions, déjection qu'on appelle en Suisse « *nant sauvage* » et dans les provinces tartares transcaucasiennes *siel*. Ces débâcles sont très-fréquentes dans les montagnes du Caucase, et j'ai déjà eu l'occasion de les décrire [3].

Les habitants de la vallée, les Kistes, assurent qu'ils peuvent prédire l'époque de l'avalanche. Les rapports officiels pour les années 1832, 1842 et 1855 disent, en effet, que les habitants ont prévu la chute du glacier quelques semaines à l'avance et ont emmené leurs troupeaux. Le 14 août 1832, le directeur de la route militaire, M. le capitaine Grauert écrivait: « Le 6 courant, les Kistes du « village de Gvilet ont déclaré devant les autorités « locales et m'ont répété à moi-même qu'on doit s'at- « tendre d'un instant à l'autre à la chute du glacier. Ils « ont emmené leurs troupeaux hors des lieux envahis « ordinairement par l'avalanche; ils assurent que la « catastrophe doit être très-prochaine, sans pouvoir « cependant en déterminer exactement l'époque. Le 13 « courant, à quatre heures du matin, la prédiction des

[1] Charpentier, *Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône*, § 34.

[2] Agassiz, *Système glaciaire*, p. 547.

[3] *Journal de l'Administration générale des ponts et chaussées*, 1859, XXX, p. 274.

« indigènes se réalisa. L'avalanche se précipita dans la « gorge de Devdoroc qu'elle combla entièrement et « barra le lit du Térek sur une étendue de plus de deux « verstes. Huit heures durant, les eaux du fleuve furent « arrêtées; elles se frayèrent enfin un passage sous la « neige et se précipitèrent dans la gorge en causant de « grands dégâts à la route. Le pont de Dariel est détruit. »

Le 24 novembre 1842, le lieutenant du génie Bachmetiew écrivait au major Mylow, directeur de la route militaire: « Le maire et quelques habitants du village de « Gvilet sont venus me dire qu'ils croient la chute du « glacier très-prochaine; le glacier, disent-ils, est déjà « arrivé au point où l'avalanche se détermine. Le cours « du torrent est souvent interrompu et lorsqu'il coule « l'eau en est très-trouble. Les habitants et les chasseurs « des environs ne peuvent plus suivre le passage habi- « tuel et ont déjà plusieurs fois entendu le craquement « de la glace. » En effet, peu de temps après, la débâcle eut lieu; voici le rapport fait par le major Mylow, le 29 novembre :

« L'avalanche s'est arrêtée à quatre verstes de la route « et présente d'énormes crevasses; elle a déjà franchi le « point d'où elle se précipite d'ordinaire sur la route; les « habitants s'étonnent de cet arrêt; ils en attribuent la « cause au froid, mais ils attendent la chute à chaque « instant; le bétail est emmené depuis longtemps; on en- « tend chaque nuit dans la glace des craquements sem- « blables à des coups de canon; des masses énormes se « soulèvent, l'avalanche se compose de glace pure et « bleuâtre, de terre et de pierres énormes. D'après Kha- « naï Ivanow, elle est immense et presque double de celle « de 1832. »

Le 27 décembre, le lieutenant Bachmetiew écrivait : « Pendant quatre jours, du 22 au 26 courant, l'avalan- « che a beaucoup avancé, une partie en est détachée ; un « lac s'est formé entre cette partie et le reste de la masse. » L'avalanche resta dans cette position, et le 9 avril 1843, le rapport du major Mylow constatait que « la masse qui « s'était détachée de l'avalanche l'hiver précédent avait « avancé de 50 sagènes (106m) seulement. »

Dès lors, il n'y eut plus de mouvement progressif, ni d'autre modification que la fonte de la glace. Le major Mylow fut chargé de lever le plan de la gorge. Nous remarquons dans les explications jointes à son travail, le passage suivant : « Quelque temps avant la chute, les « glaces soumises à une pression énorme, font une sorte « de bouillonnement, on entend des détonations et des « craquements semblables au bruit du tonnerre ; parfois « l'eau s'échappe de dessous la glace avec une grande vi- « tesse, puis elle s'arrête brusquement ; d'après les habi- « tants, les principaux indices de la débâcle consistent « dans le craquement des glaces et le changement de cou- « leur de l'eau du Kabahy, qui passe du blanc au jaune « ou au noir, et charrie des glaçons. Ces phénomènes ne « sont cependant pas toujours suivis de l'avalanche. Cha- « que fois que le glacier fait entendre ces détonations on « voit s'opérer un changement dans la couleur de l'eau. »

La tradition raconte que du temps des rois de Géorgie, les habitants furent témoins de ces mêmes phénomènes. Ils ne se décidèrent cependant point à emmener leur bétail ; l'avalanche eut lieu et tomba dans la gorge où elle parut s'arrêter quelque temps ; puis elle se mit en mouvement avec une telle rapidité qu'elle parcourut dans l'espace de trois minutes les sept verstes qui la sépa-

raient encore de la route militaire. Les habitants entraînés par l'ouragan qui précédait l'avalanche, payèrent de leur vie leur insouciance.

L'ouragan qui accompagna la débâcle de 1832, jeta à une distance de 20 sagènes (42^m) la sentinelle d'un blockhaus situé dans la gorge du Térek. M. Surell[1] a décrit ces ouragans dont il attribue l'origine aux avalanches. Cette opinion ne me paraît nullement fondée, car elles ne peuvent imprimer à l'air un mouvement plus rapide que le leur, et cette vitesse serait insuffisante pour déterminer un ouragan. D'ailleurs, celui qui eut lieu le 2 janvier 1864, ne fut pas accompagné d'avalanche et ce fait prouve que ces deux phénomènes sont indépendants l'un de l'autre.

Cet ouragan traversa la gorge de Baïdar avec une telle violence qu'il jeta dans un ravin deux soldats occupés à enlever la neige du pont de Koulaguine; il rompit ce pont et emporta un autre soldat qui s'y trouvait, de l'autre côté du ravin à 30 sagènes (64^m) de distance. Nous pouvons en conclure que l'ouragan de 1832 qui augmenta la violence de la débâcle, n'en fut pas la conséquence.

Les plans dressés par le major Mylow ne sont malheureusement pas assez exacts pour permettre de préciser le point où la rupture du glacier s'est faite.

Le 20 juillet 1855, le capitaine du génie Essaoulow écrivait: « Le colonel Kasbek m'a annoncé que d'après « les phénomènes qui se passent dans la gorge du Ka- « baby, la chute du glacier doit avoir lieu cette année. « Les anciens du village du Gvilet réunis, sur ma de- « mande, par le colonel Kasbek, me disent que leur vil-

[1] *Études sur les torrents des Hautes-Alpes*, p. 37.

« lage peut être envahi par les eaux du Térek lorsqu'el-
« les sont retenues par l'avalanche du Devdoroc; ils
« observent continuellement ce qui se passe dans la gorge
« du Kabahy afin de pouvoir sauver leurs biens en cas
« d'inondation. On a remarqué depuis plus de deux se-
« maines les indices de la chute du glacier. Il y a cinq
« jours on a encore observé que la partie inférieure du
« glacier est très-crevassée et a avancé; la gorge est en-
« combrée d'une masse de 100 sagènes (213^{m}) de hau-
« teur; l'eau du Kabahy a changé de couleur. »

Le craquement des glaçons qui se brisent à la rencontre du barrage de la gorge, la chute des blocs de glace, le tarissement intermittent de l'Amilichka, qui se fraie par moments un passage sous la digue de glace, le changement de couleur de ses eaux, tous ces faits viennent confirmer l'hypothèse que la débâcle est causée par l'engorgement de l'Amilichka. Mais pourquoi l'avalanche de 1842 s'est-elle arrêtée après avoir franchi une distance insignifiante, et pourquoi celle de 1855 ne s'est-elle pas mise en mouvement? On peut expliquer ces circonstances en supposant que le barrage n'a pas été suffisant pour permettre une grande accumulation d'eau. L'eau en s'échappant a bien pu briser et renverser le barrage, mais n'a pu entraîner jusqu'au Térek cette masse immense de glace et de neige. Ces faits prouvent que quelque grande que soit la masse qui se détache du glacier, quelque forte que soit la pression, l'avalanche ne peut atteindre le Térek sans le concours d'une masse d'eau énorme et par conséquent sans la formation d'un barrage.

Pour qu'un corps solide puisse se mettre en mouvement sur un plan incliné mouillé d'eau, l'inclinaison doit être au moins de 30 degrés; elle doit être au minimum

de 12°,5 pour que le corps en mouvement ne s'arrête pas sur le plan. La pente de la gorge de Devdoroc, de l'extrémité du glacier au Térek, n'est que de 9° et les irrégularités et les sinuosités de cette vallée constituent un obstacle très-puissant au mouvement de l'avalanche ; tandis qu'avec la même pente, une masse liquide peut atteindre une vitesse beaucoup plus grande et devient capable d'entraîner avec elle d'énormes quartiers de rocs. La pente moyenne de la surface du glacier sur les 600 derniers sagènes (1^{m},250) de son parcours est de 15° environ. La pente des petits glaciers latéraux est de 40°; mais ces glaciers sont fixés à leurs lits par la congélation et il ne s'en détache que des fragments superficiels qui tombent sur le glacier principal. Si même ils venaient à s'écrouler subitement, l'espace qu'ils pourraient parcourir dans la gorge sans le concours de l'eau serait insignifiant, d'autant plus que leur direction est presque normale à celle de la gorge. Ils n'ont donc aucune influence sur la cause du barrage.

Puisque l'eau est le moteur essentiel de l'avalanche, on doit user de tous les moyens pour donner à l'Amilichka un écoulement permanent et régulier. A en juger par les intervalles qui séparent les diverses chutes (9. 10, 13 et 15 ans) il faudrait s'attendre à une chute avant 1870. M. Khatissian a remarqué que le glacier s'allongea de 20 sagènes (42^{m}) et augmenta considérablement de volume en 1864. Le glacier « se rapprocha beaucoup de la mon-
« tagne de *Zkoara*, et la pression fut telle qu'il finit par
« ramper quelque peu sur la montagne. On pouvait, dit-
« il, s'attendre à ce résultat, car l'hiver de 1863 à 1864
« fut long, froid et très-humide, le printemps et la pre-
« mière moitié de l'été furent aussi pluvieux et froids. »

On entendit des craquements dans les glaces, les habitants de Gvilet commencèrent à s'alarmer. Mais le régime des eaux ne fut heureusement pas troublé, et en 1865 le glacier diminua de nouveau.

Il est fort important d'examiner la marche du glacier, d'empêcher que le lit de l'Amilichka ne s'obstrue et d'assurer à l'eau un écoulement régulier ; la formation du barrage ne pouvant être que très-lente, des mesures prises à temps préviendront l'avalanche.

L'expédition de 1865 leva un plan de la vallée vers l'extrémité du glacier à l'échelle de 20 sagènes ($42^m,68$) pour un pouce ($0^m,025$). Elle en exécuta un autre de tout le glacier jusqu'au sommet du Kasbek à l'échelle de 200 sagènes pour un pouce. Elle prit en outre les mesures géodésiques de quelques points inaccessibles et fit des expériences sur l'humidité et la température de l'air, ainsi que sur l'ablation et le mouvement progressif du glacier.

M. le colonel Statkowski a dressé un tableau des expériences faites pendant son séjour au pied de ce glacier; en voici le résumé.

Du 8 au 27 juillet:

Ablation de la glace couverte de débris, $40,9^{pouces}$ ($1^m,038$).
Ablation de la glace pure, $64,7^{pouces}$ ($1^m,64$).
Température moyenne diurne, $10^o,4$ Réaumur.
Humidité moyenne de l'air, 0,88.

Du 27 juillet au 3 septembre :

Ablation de la glace couverte de débris, $47,4^{pouces}$ ($1^m,20$).
Ablation de la glace pure, $88,3^{pouces}$ ($2^m,24$).
Fonte moyenne diurne du glacier à 7932 pieds de hauteur au-dessus du niveau de la mer $2,65^{pouces}$ ($0^m,06$).

Les observations faites au Faulhorn, du 14 juillet au 24 août, montrent que le glacier fondait journellement de 1,45 pouces (température moyenne, 4°,61 R.; humidité de l'air, 0,76; hauteur 9184 pieds).

Tels sont, continue M. le colonel Statkowski, les résultats de mes études sur le glacier de Devdoroc. Il faudrait des recherches plus longues et plus détaillées pour pouvoir comparer ce glacier à ceux des Alpes. Mais les causes de la débacle me paraissent assez évidentes pour qu'on puisse dès à présent trouver le moyen de la combattre.

Ce mémoire est suivi de deux notes. Dans la première, l'auteur émet une nouvelle hypothèse sur une des causes de la progression des glaciers qu'il attribue à la dilatation et à la contraction alternative de la glace combinée avec l'influence de la pesanteur. Dans la seconde, il donne un résumé des recherches de Kolenati sur le glacier de Devdoroc.

DE LA

VARIATION DES ANIMAUX ET DES PLANTES

SOUS

L'ACTION DE LA DOMESTICATION

PAR

M. CH. DARWIN.

(Traduit de l'anglais par M. J.-J. Moulinié et accompagné d'une préface de M. Ch. Vogt. 2 vol. in-8°. Paris, 1868.)

Nous pouvons commencer l'analyse de cet ouvrage en reproduisant les premières phrases de l'excellente préface due à la plume de M. Vogt. « Un nouveau livre de M. Darwin n'a pas besoin de recommandation. Chaque œuvre de ce naturaliste éminent, dont les vues ont donné une impulsion nouvelle et inattendue à la science, commande impérieusement l'attention de tous ceux qui s'intéressent aux progrès de l'histoire naturelle des êtres organisés.....» Si nous entreprenons ici cette analyse délicate et compliquée, ce n'est donc ni pour ajouter à la réputation de l'auteur, ni pour annoncer aux naturalistes éclairés un livre qu'ils ont sûrement déjà lu. Nous devons nous adresser à un public plus nombreux, composé de ceux qui n'ignorent pas, il est vrai, le nom de Darwin, et qui savent d'une manière générale que ce naturaliste a soulevé les questions les plus délicates de philosophie zoologique ; mais qui, soit par manque de temps, soit par crainte de rencontrer trop de difficultés ou trop de détails, ne liront pas son livre, ou ne le liront pas tout entier. Ce public

peut trouver quelque intérêt dans une analyse qui lui donnera un exposé sommaire des idées et des faits principaux. Nous nous estimerions encore plus heureux, si ce petit travail avait précisément pour résultat de les engager à recourir à l'ouvrage lui-même.

Nous ne reproduirons pas ici la théorie générale de M. Darwin, qui a été exposée en détail dans son livre sur *l'origine des espèces.* Nous supposons cet ouvrage connu dans ses points les plus généraux, et nous nous permettons même de rappeler aux lecteurs de la Bibliothèque universelle l'analyse que nous en avons donnée[1] dans le temps. Ceux qui en auraient besoin y trouveront ce qui est nécessaire pour faire comprendre les tendances de l'auteur. Une exposition trop succincte en affaiblirait la valeur, et une suffisamment détaillée pour être bien comprise, nous entraînerait bien loin hors des limites dans lesquelles cet article doit se restreindre. Il est cependant nécessaire de faire comprendre en quelques mots le lien du nouvel ouvrage avec l'ancien et les différences dans le but que se proposent l'un et l'autre.

Dans le livre sur l'origine des espèces, M. Darwin prend dans son ensemble la question de la *variabilité,* et cherche à montrer que l'action infiniment accumulée de modifications infiniment petites dans l'origine, finit par introduire dans l'organisme de graves différences. Il part de là pour admettre la variabilité illimitée de l'espèce, aidée par la *sélection naturelle* (nous reviendrons plus loin sur la valeur et la signification de ce nom). Il en conclut que les espèces actuelles descendent de celles qui les ont précédées dans les temps géologiques et en sont

[1] *Bibl. Univ.*, *Archives*, 1860, tome VII, p. 233.

de simples modifications. M. Darwin a donné dans ce premier ouvrage les preuves principales qui lui paraissent justifier sa théorie; mais sentant l'immensité de sa tache, il a annoncé des suppléments dans lesquels il reprendrait successivement divers points, afin de pouvoir entrer dans des détails qui auraient surchargé la première exposition. Le traité sur les variations des animaux et des plantes sous l'*action de la domestication*, que nous analysons aujourd'hui est le premier de ces suppléments. L'auteur y étudie la variabilité que l'action de l'homme peut faire naître chez les êtres soumis à son empire. Cette variabilité singulièrement limitée par rapport à celle qu'il suppose dans l'espèce par suite de l'accumulation des siècles, se présente dans de tout autres conditions. Les éléments en sont calculables parce que nous connaissons plus ou moins exactement le point de départ, c'est-à-dire le type primitif, le point d'arrivée, c'est-à-dire la race modifiée, et le temps qu'il a fallu pour cette modification. M. Darwin part de l'idée juste que cette analyse plus certaine peut fournir un enseignement important pour la discussion de la variabilité infinie dans laquelle nous ne connaissons ni le point de départ, ni le temps. Mais nous ferons remarquer dès l'abord que si nous sommes tout à fait d'accord avec lui en ce qui concerne cette variabilité limitée, il n'en résulte pas forcément que la transition à la variabilité illimitée ne puisse soulever pour nous des objections qui nous sépareront de lui. En admettant complétement ou presque complétement les idées soutenues par l'auteur dans ce second ouvrage, nous n'y trouvons pas de motifs suffisants pour modifier notre opinion sur sa théorie générale.

C'est en effet un point important à établir en commen-

çant cette analyse que le livre sur la domesticité s'écarte très-peu et très-rarement des données généralement admises par tous les naturalistes, même par les plus *antidarwinistes.* On y rencontre à peine quelques questions secondaires controversables. Si nous osions supposer que nos lecteurs ont conservé quelque souvenir de l'article auquel nous avons fait allusion plus haut, et dans lequel nous montrions l'auteur partant de bases incontestables, marchant avec une prudence exemplaire, pour tout d'un coup (suivant nous) tirer des conclusions exagérées de ces sages prémisses, nous nous ferions très-bien comprendre en disant que l'auteur ne sort pas ici, au point de vue théorique, de ces documents préparatoires que personne ne peut ni ne veut contester. Notre rôle d'analyste se modifie avec ces circonstances ; nous n'avons plus à discuter et nous pouvons nous borner à rendre compte des observations et des idées de l'auteur.

Ce serait cependant interpréter très-mal notre pensée que de croire que nous refusons à l'ouvrage de M. Darwin le mérite de la nouveauté. Sans parler d'une foule de faits méconnus avant lui ou mal interprétés, l'auteur a le talent de rajeunir les questions, et de les faire paraître sous un jour inattendu. C'est là le véritable charme de ce livre que devront lire et relire tous ceux qui veulent apprendre à observer. La méthode brille par la finesse d'observation et par l'habileté avec laquelle les conséquences des faits sont appréciées sans exagération et sans confusion. Nous aurons occasion plus loin d'attirer l'attention sur quelques-unes de ces questions que nous désignons sous le nom de *rajeunies,* et dans lesquelles l'auteur amène son lecteur d'une manière irrésistible à abandonner peu à peu la formule de l'école, pour une

conclusion plus complexe peut-être et moins simple, mais plus vraie et plus philosophique.

Ce livre a été traduit par M. J.-J. Moulinié, déjà connu par de bons travaux anatomiques et par la traduction de quelques ouvrages de M. Ch. Vogt. Nous le remercions d'avoir ainsi aidé à populariser dans les pays de langue française cet utile traité. Sa traduction est toujours claire ; elle se lit facilement et a les caractères qu'on peut rechercher dans un ouvrage qui doit à la fois être sérieux et attirer de nombreux lecteurs.

Passons maintenant à l'analyse du livre, ce qui n'est pas une tâche facile, vu la multiplicité des faits et l'abondance des détails dont on voudrait n'omettre aucun. Nous nous attacherons surtout à en faire comprendre l'esprit, et pour cela nous ne nous astreindrons pas à l'ordre suivi par l'auteur. Nous devons prévenir en même temps nos lecteurs que nous avons pris presque exclusivement nos exemples dans le règne animal qui nous est plus familier. Nous aurions de beaucoup dépassé les bornes que nous nous étions imposées, si nous avions également analysé les faits botaniques. Il en résultera certainement une importante lacune, mais nous avons mis tous nos soins à ce que cette abréviation n'influe pas sur l'exposé de la marche générale des idées.

M. Darwin divise son livre en deux parties qui occupent chacune un volume. La première contient les faits relatifs à chaque espèce domestique ou cultivée ; la seconde en tire, sous forme de conséquence, un certain nombre de lois générales. Cette marche est logique quand on peut lui donner le développement suffi-

sant; mais il nous a semblé que nous serions plus clairs en faisant en quelque sorte l'inverse, c'est-à-dire en mettant d'abord sous les yeux du lecteur tous les faits généraux, et en leur subordonnant les faits spéciaux, dans lesquels nous devrons faire un choix restreint et qui arriveront à titre de preuves ou d'exemples. Nous commencerons donc par le second volume.

L'auteur y traite principalement de quatre faits généraux que nous reprendrons successivement : l'*hérédité*, le *croisement*, la *sélection* et la *variabilité*.

Hérédité.

Le fait général de l'hérédité nous fournit un premier exemple de la manière dont les mêmes faits peuvent être compris suivant la manière dont une question est posée. Les enfants reproduisent les caractères de leurs parents, tel est le fait général, le semblable engendre son semblable. Cette proposition n'est toutefois pas toujours strictement vraie, car il n'y a probablement jamais deux individus identiques. Ainsi qu'on l'a dit depuis longtemps, l'œil exercé du berger peut discerner chacun de ses moutons et l'homme distingue une figure de connaissance parmi un million de visages humains. Il y a donc transmission des caractères importants et en même temps non-transmission de quelques circonstances secondaires. Le langage de l'école interprétait ce fait en disant que tous les caractères de l'*espèce* sont transmis mais non toutes les variétés. Nous avons souvent nous-même tenu ce langage, parce que nous croyons que le mot espèce correspond à une certaine réalité, tout en reconnaissant qu'elle repose sur une notion synthétique dont nous pouvons dif-

ficilement circonscrire tous les éléments, et que ses limites ne sont pas toujours absolues. M. Darwin est probablement plus philosophique en séparant complétement les faits de la conclusion théorique qu'on en peut tirer et en prononçant le moins possible le mot espèce. Cette précaution du reste lui est rendue facile par les limites mêmes de son sujet, vu qu'il ne s'occupe que de l'hérédité chez les animaux domestiques et par conséquent de variations qui n'atteignent pas en général une valeur spécifique.

L'expression ainsi restreinte du fait de l'hérédité consiste à dire que si une modification du type vient à se manifester chez un animal, elle aura une certaine tendance à se reproduire chez son descendant. Cette idée, fortement enracinée et avec raison chez tous les éleveurs pratiques, est la base du perfectionnement des animaux domestiques ainsi que la justification des travaux et des espérances du producteur de races améliorées.

L'expérience montre que toutes les modifications accidentelles peuvent devenir héréditaires, les unes plus facilement que d'autres. Le pouvoir de transmission est très-variable et peut être limité par de nombreuses causes internes ou externes; il se borne quelquefois à la première génération. Ces circonstances accidentelles sont transmises comme les caractères anciens, mais d'une manière moins fixe et avec beaucoup plus d'imprévu. Les annales de la science abondent en exemples : l'homme porc-épic a transmis sa curieuse anomalie à six de ses enfants et deux de ses petits enfants. On a vu devenir héréditaires : l'albinisme, la polydactylie, l'absence des pattes antérieures, le visage velu, la perte d'une oreille, et même des détails insignifiants, tels qu'une mèche de cheveux blancs, les gestes, le maintien, etc. Tantôt tous les frères et sœurs

sont affectés de l'anomalie, tantôt seulement une partie d'entre eux. Quelques-uns la transmettent à leurs propres enfants. On peut ajouter des exemples nombreux de faits analogues dans l'hérédité de certaines maladies ou difformités, soit chez l'homme, soit chez les animaux. On peut également en trouver d'autres qui montrent un pouvoir de transmission puissant des qualités utiles, comme la vigueur et la santé. Ainsi, on cite parmi les chevaux de course anglais, *Eclipse* qui a produit dans sa descendance 334 chevaux vainqueurs, et *Hérold* qui en a eu 497.

L'hérédité revêt quelquefois un caractère qui mérite toute l'attention du naturaliste. Un enfant peut ressembler davantage à un de ses grands parents qu'à ses parents immédiats, et tel père peut transmettre à son fils un caractère qu'il n'a pas, mais qui se trouvait chez un aïeul. Ces faits connus depuis longtemps, ont été groupés sous le titre scientifique d'*atavisme;* et ils sont dans l'ouvrage de M. Darwin l'objet d'une analyse détaillée et intéressante. Il y a à cet égard divers degrés de complications: les cas les plus simples se trouvent dans les races pures, le croisement introduit naturellement une certaine complication. Si le caractère observé n'a existé que chez une des lignes ascendantes (mâle ou femelle) le produit perd une partie de ses chances à l'avoir et il y aura lutte entre les influences de l'une ou de l'autre de ces lignes d'aïeux.

Les exemples de l'atavisme sont des plus nombreux et peuvent se présenter dans tous les cas d'hérédité dont nous avons parlé ci-dessus, même dans les cas de maladies qui, comme on le dit souvent, sautent une génération. Il est superflu de multiplier ici les citations et nous pouvons nous borner à l'exemple suivant. Dans une portée d'une chienne d'arrêt, un des petits présentait une colo-

ration tout à fait insolite, tandis que le père et la mère ainsi que leurs aïeux immédiats avaient tous présenté une coloration normale. Ce petit chien fut élevé malgré les craintes qu'il donnait sur sa légitimité. Une enquête détaillée prouva qu'il était le petit-fils d'une chienne ayant eu une coloration identique à la sienne.

L'atavisme, en reproduisant les formes des aïeux, peut présenter le caractère de ce que l'on appelle le *retour au type*. Ainsi dans les races de bœufs ou de moutons sans cornes, quelques descendants peuvent présenter accidentellement ces appendices. Fidèle à son principe d'analyse, l'auteur ne veut pas que l'on dise que les descendants reproduisent les caractères originaux de l'espèce, car le plus souvent ce sont ceux de races intermédiaires plus anciennes. Ainsi nous reconnaissons avec lui, qu'en rendant compte des curieuses observations de M. Roulin sur les animaux redevenus sauvages en Amérique, on dépasse l'expression de la vérité quand on dit qu'ils reprennent *tous* les caractères de l'espèce avant sa domestication. Il est plus exact de dire qu'ils perdent en général les caractères que leur avait imposés la domestication, pour prendre une apparence *uniforme, voisine* de la forme originelle. Nous sommes un peu moins d'accord avec M. Darwin sur l'importance de l'enseignement fourni par le retour au type et nous la croyons plus grande qu'il ne l'admet; mais ce n'est point le lieu de discuter une question que ne soulève pas l'étude spéciale de la variabilité des animaux domestiques.

La transmission par atavisme est encore plus curieuse en ce qui concerne les caractères *latents,* c'est-à-dire ceux qu'un ascendant peut transmettre à son descendant, tout en étant lui-même dans l'impossibilité de les avoir.

L'exemple principal se trouve dans les caractères sexuels secondaires. Ainsi dans la plupart des espèces du genre cerf, le mâle porte seul des bois et cependant une femelle pourra transmettre à son descendant mâle telle modification ou telle variété de ces bois qui aura existé chez son père ou chez son grand-père. Un coq porteur d'une crête ou de plumes extraordinaires pourra voir revivre ces modifications dans la descendancee d'une poule née de lui et croisée avec un coq qui sera tout différent sous ce point de vue. Il ne faut pas toutefois exagérer l'anomalie apparente produite par cette transmission. Elle se lie avec le fait que les caractères d'un sexe existent latents dans le sexe opposé, fait dont on peut trouver une preuve dans les poules qui prennent une crête lorsque leurs ovaires sont altérés.

La puissance de transmission et l'époque où les caractères transmis prennent de la fixité présentent de très-grandes irrégularités. Il est probable qu'un caractère transmis depuis de nombreuses générations aura plus de chance de se reproduire qu'un autre; mais il n'est pas démontré que cette règle soit générale. La puissance de transmission peut être plus grande chez un sexe que chez l'autre et varie considérablement suivant les individus. Ainsi un bélier d'une race du cap de Bonne-Espérance, croisé avec des brebis de douze races différentes, donna naissance à des produits qui lui furent tous identiques! Il est souvent très-difficile de juger de la valeur des cas particuliers, car il faudrait toujours connaître les caractères latents qui peuvent exister chez les ascendants paternels et maternels.

Du croisement.

Nous venons de voir la variabilité naturelle introduire par hérédité quelques différences entre des animaux d'une même origine. Le croisement entre des races différentes a également sous ce point de vue une influence digne d'attention.

Dans les limites que M. Darwin s'est imposées dans son second ouvrage, où il ne traite que des animaux domestiques, il ne peut être question que du croisement entre des races distinctes et non entre des espèces différentes. Il dit cependant accessoirement quelques mots de ce dernier cas et de l'infécondité qui accompagne ordinairement ces croisements. Son but est d'en atténuer l'importance en montrant qu'il y a dans cette infécondité une assez grande variabilité. La question générale a été traitée dans l'ouvrage sur l'origine des espèces.

Le croisement entre les races n'a point les mêmes caractères, à moins qu'il ne s'agisse de races récemment enlevées à l'état de nature. L'infécondité disparaît avec la domestication, pour faire place quelquefois à une faculté reproductrice très-puissante. Nos races variées de chiens, de porcs, etc., qui descendent très-probablement de plusieurs espèces primitives, sont parfaitement fertiles entre elles.

Le croisement libre entre des individus de races déjà formées, a pour effet constant de les ramener à l'uniformité. Un troupeau de moutons composé d'individus de plusieurs races et laissé parfaitement libre finira par être composé de produits qui se ressemblent. Si une de ces associations est formée de deux races égales, celles-ci se conserveront plus longtemps; si elles sont inégales, la

moins nombreuse disparaîtra, avec cette exception que certaines races plus robustes ou mieux appropriées au sol pourront prédominer sur les autres. On observe aussi des différences entre les êtres sous un autre point de vue. Les pigeons, par exemple, qui choisissent leur compagne pour la vie, ne sont pas sujets à une aussi grande dégénérescence.

Mais si le croisement libre efface souvent les différences, le croisement fait par l'homme avec intelligence et en suivant un but, fait naître des qualités qui peuvent devenir l'origine de races utiles (chiens, porcs, etc.). Souvent, il est vrai, ces qualités ne se manifestent qu'à la longue, ce qui a dégoûté de ces essais, et engagé bien des éleveurs à ne pas chercher le perfectionnement dans le croisement, tandis que d'autres ont très-bien réussi.

Il est à remarquer que l'effet direct du croisement n'est pas toujours le même. Il arrive souvent que les caractères tendent à se fusionner et que le produit est intermédiaire entre le père et la mère. Mais il existe aussi des races qui semblent se refuser à cette fusion ; ainsi des souris grises et des blanches ne produisent pas entre elles des souris gris clair ; la grande majorité des produits est tout à fait gris ou tout à fait blanc.

La reproduction consanguine paraît avoir des résultats fâcheux, au moins dans certaines limites. Il ne s'agit du reste ici que de l'union d'animaux très-rapprochés l'un de l'autre par leur origine, qui chez l'espèce humaine constituerait l'inceste. L'union du père et de la fille, de la mère et du fils, des frères et sœurs et des descendants directs est seul en cause. Au reste, cette action délétère est quelquefois contestée. La meilleure preuve en sa faveur est la presque unanimité des producteurs intel-

ligents. Un troupeau complétement séparé des autres et dans lequel le mâle s'unirait toujours à ses filles et à ses petites filles, et où les unions ne sortiraient pas du cercle de la famille, tendra à perdre sa vigueur et l'éleveur sera obligé quelquefois à y remettre du sang nouveau par l'achat d'un mâle étranger. M. Darwin en cite de nombreux exemples pris dans les moutons, les bœufs, les poules, les pigeons et surtout dans les porcs. L'affaiblissement produit est un peu moins marqué dans les races très-méritantes, mais il exige aussi de temps en temps un renouvellement.

De la sélection.

Les modifications produites par les causes que nous venons d'étudier : la variabilité dans l'hérédité et ses croisements resteraient faibles, irrégulières et sans utilité pour le perfectionnement, si elles n'étaient pas constamment dirigées et accumulées par la *sélection*. Tous ceux qui ont lu l'ouvrage sur l'origine des espèces connaissent cette force puissante, analysée et démontrée par Darwin, par laquelle les individus les plus forts, les plus utiles et les mieux appropriés sont conservés au détriment des faibles et des inutiles. C'est par elle que les caractères utiles sont fixés et développés pour l'amélioration des races. Dans l'histoire des animaux domestiques ces faits sont si connus et si incontestés, que nous ne nous y arrêterons pas longtemps.

On sait qu'on peut distinguer trois sortes de sélection : la sélection méthodique, la sélection inconsciente et la sélection naturelle. Toutes trois concourent au même but.

La sélection *méthodique* est celle par laquelle l'éleveur intelligent choisit, pour les conserver et les croiser, les

meilleurs produits et se débarasse des sujets inférieurs. M. Darwin n'a pas de peine à montrer l'influence de méthodes judicieuses pour le perfectionnement des races et à faire voir en même temps combien elles exigent d'intelligence et de persévérance. Le nombre des éleveurs habiles et heureux est relativement restreint, car « pour « créer une race nouvelle et pour la développer dans ses « caractères essentiels et dérivés, il faut avoir ce coup « d'œil d'aigle qui distingue la moindre nuance dans la « conformation de l'individu naissant, et cette qualité di- « vinatrice qui entrevoit d'avance les modifications aux- « quelles ces variations donneront lieu, quand elles auront « été accumulées dans une série de générations choisies « et triées dans ce but » (Préface de M. Vogt, p. x).

Nous ne suivrons pas l'auteur dans les nombreux exemples qu'il tire de l'histoire des races domestiques, soit dans les temps actuels, soit chez les peuples anciens. On peut les deviner, pour peu qu'on ait vu une exposition de bestiaux, de chevaux, de chiens, d'oiseaux de basse cour, etc.

La sélection *inconsciente* est liée à la précédente par des dégrés insensibles. C'est celle par laquelle l'éleveur, sans se proposer de but et sans poursuivre une œuvre volontaire d'amélioration, garde les produits qui lui plaisent et détruit les autres. Ce n'est souvent qu'un caprice non raisonné, mais tout en étant inconsciente, une pareille pratique fixe également certains caractères.

La sélection *naturelle* est celle qui se fait sans aucune intervention de la part de l'homme. Elle se manifeste en ce que les produits les plus robustes ou les mieux appropriés résistent mieux que les faibles, se propagent davantage et durent plus longtemps. Cette sélection, qui suivant

M. Darwin joue un rôle si immense dans les espèces libres, aidée par l'accumulation des siècles, a en général une influence très-secondaire dans l'amélioration des races domestiques et reste tout à fait subordonnée aux deux autres. Il faut même ajouter que, si quelquefois elle favorise la sélection exercée par l'homme, souvent aussi elle la contrarie.

De la variabilité.

M. Darwin reprend sous ce chef quelques questions générales relatives à la variabilité. Il montre d'abord que celle-ci ne résulte pas nécessairement de l'hérédité, mais qu'il faut largement tenir compte des causes externes, telles que les changements de nourriture, ou d'habitude et ceux du milieu ambiant. Ces derniers ont tantôt pour effet d'augmenter la variabilité, tantôt au contraire de créer des caractères identiques dans des espèces distinctes soumises à habiter la même aréa géographique.

Parmi les faits les plus curieux se trouvent ceux qu'il groupe sous le titre de *corrélation*. Il arrive souvent que le producteur, en développant certaines modifications, en crée involontairement d'autres. Tantôt cette corrélation est en quelque sorte naturelle et pourrait se prévoir. Ainsi l'allongement du bec entraîne celui de la langue, le développement extrême du système adipeux diminue celui du système osseux, etc. Tantôt au contraire ses effets sont tout à fait imprévus et paraissent sans lien avec les autres modifications. Ainsi il est difficile de s'expliquer pourquoi les chats blancs qui ont des yeux bleus sont presque toujours sourds, ou pourquoi les chiens sans poils ont une dentition imparfaite.

En améliorant une race l'éleveur introduit souvent par

corrélation des modifications inutiles. C'est à la sélection qu'il appartient de les corriger.

Faits spéciaux relatifs aux diverses espèces d'animaux domestiques.

Nous revenons au premier volume de l'ouvrage pour reproduire un certain nombre de faits spéciaux, en regrettant comme ci-dessus que les bornes de cet article nous forcent à faire un choix aussi restreint parmi le grand nombre de documents intéressants qu'a recueillis M. Darwin. Du reste nos lecteurs, préparés par les considérations générales que nous avons analysées, en comprendront facilement la portée relativement aux questions théoriques. Nous attirons particulièrement leur attention sur les diverses manières dont peut agir la sélection. Lorsque l'homme peut tirer d'une espèce des services très-variés, cette sélection s'excerce sur une grande échelle et s'il s'y joint le fait que la mode et le caprice donnent de la valeur à une foule de formes dérivées, les éleveurs auront intérêt à multiplier indéfiniment ces modifications. Les chiens se trouvent dans ce double cas, aussi sont-ils l'espèce la plus modifiée. Les pigeons qui rentrent dans le second cas, les égalent presque malgré leur origine unique. Si au contraire l'usage d'une espèce est peu varié, les tentatives de l'éleveur sont plus bornées. Ainsi on n'a guère fait varier les races bovines que pour leur force, leur chair et leur lait. Quant au cheval, l'éleveur a en général trouvé les caractères utiles associés avec la beauté et l'harmonie des formes ; toute la sélection a tendu à améliorer ces dernières. En revanche cette même sélection, en améliorant le porc au point de vue de la chair et de la graisse, en a fait souvent quelque

chose de monstrueux. Enfin, quelques espèces y échappent presque complétement; tel est le chat qui, à cause de sa vie indépendante et nocturne, suit peu dans sa reproduction la volonté de l'homme.

Chiens. On a beaucoup discuté sur l'origine du chien domestique. Provient-il du loup, du chakal ou d'une espèce éteinte? M. Darwin se prononce catégoriquement contre l'une ou l'autre de ces hypothèses prises exclusivement et il admet l'origine multiple des races, se fondant principalement sur deux arguments.

Le premier réside dans la multiplicité même des variations et dans les différences extrêmes qui existent entre les races. Ces différences paraissent très-anciennes, car les monuments assyriens, égyptiens et indous reproduisent des formes de chiens très-variées. Il est vrai que dans la période néolithique (âge de pierre) le contraire paraît avoir eu lieu, et l'on trouve à cette époque peu de formes distinctes; mais ces formes se multiplient dans les âges suivants et il est probable que plusieurs races ont été importées par le commerce des pays où elles étaient plus variées. M. Darwin atténue, il est vrai, cet argument en faisant remarquer que, d'après les résultats de ses propres travaux et de ceux des géologues, la haute antiquité que l'on peut attribuer à l'homme suffirait pour expliquer ces variations, même en supposant une origine unique.

Le second argument est nouveau et intéressant. L'auteur fait remarquer que chez les peuples sauvages ou demi-sauvages les races de chiens domestiques sont peu nombreuses et ressemblent beaucoup aux animaux sauvages du même genre qui vivent dans leur voisinage immédiat. Il est probable que chaque peuple a cherché à

domestiquer l'espèce qu'il avait sous la main et qu'il y a été entraîné par la facilité même que présente cette domestication dans un genre dont beaucoup de types sont doux et sociaux. Ainsi le chien des Esquimaux rappelle par ses formes le *Canis lupus* var. *occidentalis*; le chien américain des prairies ressemble au *C. latrans* de cette même région; les habitants de la Guyane ont deux chiens domestiques, voisins l'un du *C. cancrivarus*, l'autre d'une espèce du même pays à forme de lévrier. En Egypte et dans le reste de l'Afrique l'homme paraît avoir tiré ses chiens du chakal, et en Australie le dingo sauvage est presque identique au dingo domestique. Dans nos pays, où l'on a fait des chiens un usage extrêmement varié, soit pour des buts utiles, soit pour de simples caprices, les races ont été tellement modifiées et mélangées que ces questions d'origine ne peuvent plus s'analyser.

On ne peut objecter à ces déductions ni la fécondité de ces races, car nous avons vu plus haut que la domestication détruit l'infécondité des croisements d'espèces; ni le fait de l'aboyement, car parmi elles il y a de grandes variétés dans la voix.

Les profondes modifications qu'ont éprouvées les chiens sont rendues plus faciles à expliquer par l'admission de ces origines variées. Il faut du reste remarquer qu'elles naissent facilement sous les influences extérieures. Le climat modifie promptement ces animaux (exemple, les boule-dogues qui perdent leurs caractères dans l'Inde); les changements d'habitudes tendent au même résultat (les chiens qui vivent beaucoup dans l'eau prennent des pieds palmés); le croisement y contribue pour sa part, et il est évident que, sous l'influence d'une sélection inconsciente ou méthodique, ces modifications doivent prendre de très-

grandes proportions. On voit même varier le nombre des doigts et celui des dents ; mais comme ces variations se sont trouvées sans intérêt pour l'homme, elles sont restées isolées et accidentelles. Les variations soit utiles, soit simplement dues au caprice, et soumises régulièrement à la force puissante de la sélection, ont dominé les autres.

CHATS. La domestication des chats paraît très-ancienne, ce que prouvent des écrits sanscrits et les momies égyptiennes. Plusieurs espèces doivent avoir subi l'influence de l'homme et fournissent la probabilité d'une origine multiple pour les races actuelles. On voit encore aujourd'hui des croisements féconds entre des chats domestiques et des espèces sauvages, les *F. tubaster* et *caligulata* en Egypte, *chaus* dans l'Inde, *lybica* à Alger, *caffra* au Cap de Bonne-Espérance, *sylvestris* en Europe, etc. Mais malgré cette antiquité et cette origine variée, l'histoire des chats domestiques n'a que bien peu de rapports avec celle des chiens ; les races sont restées peu nombreuses et peu tranchées. Quelques-unes sont dues à l'influence des circonstances extérieures ; mais comme nous l'avons dit plus haut, les habitudes vagabondes de ces animaux ont toujours empêché une sélection méthodique.

CHEVAUX. Les chevaux présentent encore la même circonstance d'une domestication très-ancienne ; les habitants lacustres vers la fin de l'âge de pierre en possédaient déjà des races distinctes. Il est probable, en revanche, que toutes les races ont eu une souche commune, quoiqu'on puisse opposer à cette manière de voir le fait que plusieurs espèces existaient déjà à l'époque tertiaire et peuvent bien avoir été domestiquées. Les races sont

nombreuses et bien caractérisées; une partie d'entre elles sont dues à l'action des circonstances extérieures; certains climats agissent d'une manière évidente sur la finesse des membres, sur la taille, etc. Mais la sélection a joué dans cette espèce un rôle tout différent que dans celle des chiens. L'importance même de ces animaux pour l'homme et leur grande valeur font que la sélection méthodique a constamment cherché le développement des qualités utiles et laissé de côté les modifications qui n'auraient satisfait que le caprice ou la curiosité; d'autant plus que ces qualités, la force, la légèreté à la course, etc., coïncident en général avec le plein développement harmonique et avec la beauté des formes. Il en est résulté que ces qualités utiles se sont fortement empreintes dans les races et sont devenues très-régulièrement transmissibles. Les Arabes savent bien l'importance de ces faits, quand ils soignent la généalogie de leurs chevaux, et les éleveurs intelligents attachent encore plus d'importance à la série des ascendants des reproducteurs qu'à leurs caractères visibles.

Le cheval peut supporter des climats très-variés. Quelques races du nord ont conservé l'habitude de gratter la neige pour découvrir l'herbe, et des bandes sauvages vivent très-bien sous le 56me degré de latitude nord. Les climats du midi lui conviennent encore mieux et l'on peut dire qu'il ne redoute guère que l'excès d'humidité.

M. Darwin cherche à analyser la question de la couleur primitive du cheval au moyen des couleurs des races actuelles. Le fond de la teinte s'est probablement rapproché de la couleur isabelle qui devient de plus en plus fréquente à mesure qu'on s'approche des régions où on peut supposer que vivait le cheval sauvage; mais cette

couleur a été exclue par la sélection des Arabes qui ne l'estiment pas et ainsi elle ne se retrouve pas dans le cheval de course anglais. Il est probable que ce même type originaire avait quelques raies ou barres, comme cela se trouve dans certaines espèces sauvages, savoir : la bande dorsale qui est la plus fréquente, les bandes de l'épaule et les barres des jambes.

Porcs. Les races de porcs peuvent se distribuer en deux groupes qui ont probablement eu une origine distincte. Les unes ressemblent plus ou moins au sanglier *(Sus scrofa)* originaire d'Europe ou à des espèces très-voisines ; les autres, qu'on peut désigner sous le nom de *S. indica,* forment les races de Siam, du Japon, etc. La nourriture et les soins ont développé encore de nouvelles variétés et même quelques monstruosités accidentelles, telles que des races à sabots plein, etc. Il faut remarquer que la sélection ne s'étant jamais exercée que dans un seul sens et pour obtenir des races plus grasses et moins osseuses, la plupart de ces modifications accidentelles se sont éteintes d'elles-mêmes.

Bœufs. On ne peut également pas douter de l'origine multiple des races de bœufs, quoique les croisements soient aujourd'hui féconds entre toutes. Deux souches principales paraissent leur avoir donné naissance : les bœufs à bosse ou zébrus, originaires de l'Inde et domestiqués plus de vingt siècles avant Jésus-Christ, et les bœufs sans bosse provenant peut-être des trois espèces que l'on trouve fossiles en Europe *(Bos primigenius, frontosus* et *longifrons)* qui auraient été directement domestiquées. Il est vrai que l'on peut arguer contre cette idée du fait que les populations orientales qui ont peuplé l'Europe con-

naissaient le bœuf domestique et ont dû l'importer avec eux; mais il est possible aussi qu'ils n'aient fait que transporter au bétail domestiqué en Europe le nom que portait le leur. Les races actuelles sont très-nombreuses : elles ont comme toujours pris naissance dans de petites variations accidentelles, fixées et augmentées par la sélection. Les formes primitives paraissent avoir été plus fidèlement conservées par le bétail blanc à oreilles noires des parcs de Chillingham et d'Hamilton; mais encore ici la pureté de la race ne se conserve que par une sorte de sélection, en tuant tous les veaux qui n'ont pas la coloration normale.

Nous ne nous arrêterons pas ici sur les Moutons dont l'origine est très-controversée, ni sur les Chèvres qui ont pour point de départ l'Ægagre. Les faits qui les concernent ressemblent à ceux que nous venons d'énumérer.

Lapins. Les races des lapins proviennent évidemment du lapin sauvage, quoique cette opinion ait été contestée. Ces animaux sont intéressants par la nature des variations que la domesticité a établies chez eux et en particulier par les modifications du squelette et de l'encéphale sous l'influence d'une nourriture plus abondante et d'un moindre exercice. La taille a augmenté, ainsi que le poids des os; la forme du sternum, celle de l'omoplate, le trou occipital, etc., ne sont plus identiques à ceux du lapin sauvage, les oreilles sont devenues pendantes et ont entraîné des modifications dans le crâne, etc. La captivité, en ne mettant plus en jeu l'intelligence, a fait diminuer le volume de l'encéphale et par conséquent influencé la forme des os frontaux et pariétaux.

Pigeons. Les pigeons ont fait pour M. Darwin l'objet d'une étude toute spéciale; il a réuni sur leur compte une foule de documents curieux et les a suivis de près dans leur domestication. Ces oiseaux présentent en effet une réunion de circonstances qui les rendent éminemment propres à mettre en relief les faits généraux dont l'ouvrage a pour but de poursuivre la démonstration. Leur reproduction est rapide, soit à cause de leur courte incubation, soit parce qu'ils sont promptement aptes à procréer des œufs. En outre ils présentent l'intérêt de provenir suivant toute probabilité d'une seule souche, le *Bizet*, fait dont M. Darwin donne une longue et ingénieuse démonstration, qu'il nous est impossible de reproduire ici. Domestiqués au moins trois mille ans avant Jésus-Christ, ils forment aujourd'hui plus de 150 races, que M. Darwin décrit en détail, analyse que nous devons également passer sous silence, vu son étendue. Il fait remarquer que les caractères qui distinguent ces races sont plus importants que ceux qui servent à distinguer les 288 espèces du British Museum. Nous concédons volontiers cette assertion en ce sens que les organes externes ou le squelette présentent des modifications plus apparentes; mais malgré son opinion nous ne croyons pas ces modifications *de même nature* que celles de l'espèce et nous n'en voulons pour preuve que le fait même, allégué et reconnu par l'auteur, de leur variabilité excessive, si on la compare à celle des caractères spécifiques.

La formation des races a du reste suivi dans les pigeons la marche précédemment tracée. Des modifications légères introduites par des changements de nourriture ou d'habitude, ou tout à fait accidentelles, même de simples monstruosités ont été le point de départ et la sélection

les a multipliées et fixées. Ainsi le défaut d'usage de l'aile en a ordinairement raccourci les os, fait il est vrai compensé quelquefois par l'allongement des rémiges. L'influence de la corrélation de croissance dont nous avons parlé au sujet de la variabilité, est évidente dans plusieurs cas. Elle se manifeste soit par des effets naturels, soit par des effets inattendus (les races de couleur claire naissent nues et les races foncées couvertes d'un duvet).

Les pigeons fournissent l'exemple que plus les races ont été modifiées, plus elles sont susceptibles de l'être encore par l'influence de la sélection. Les éleveurs savent bien qu'ils feront varier plus facilement les races déjà très-déviées que celles qui se rapprochent plus de l'état de nature.

Races gallines. Les races gallines sont presque aussi variées que celles des pigeons et elles éclairent à peu près les mêmes questions. Elles ont toutefois sous certains points de vue un intérêt théorique moindre. En premier lieu leur origine est plus obscure, car tout en admettant comme probable que toutes descendent du *Coq Bankiva*, ce fait est beaucoup moins certain que l'origine unique des pigeons ; les variations peuvent donc avoir porté sur plusieurs types originaires inconnus, ce qui rend l'influence de la sélection plus obscure. En second lieu, les poules ont été domestiquées bien longtemps après les pigeons, car on n'a pas de documents certains sur des races domestiques avant l'an 500 avant Jésus-Christ. Les races, quoique nombreuses et plus intéressantes au point de vue de l'économie domestique, ont été produites plutôt par une sélection inconsciente qui a fait conserver les beaux produits ou les bonnes couveuses. Le caprice des formes extraordinaires ne s'y est point exercé comme sur les pigeons.

Nous renvoyons donc à l'ouvrage original pour tout ce qui concerne l'histoire et la description de ces races, et nous sommes obligés de faire de même pour beaucoup d'animaux domestiques moins importants, ou qui soulèvent moins de questions, les canards, les oies, les paons, les dindons, les pintades, les canaris, les poissons dorés, les abeilles et les vers à soie.

HYPOTHÈSE DE LA PANGÉNÈSE.

Pour terminer cette analyse, nous devons dire quelques mots d'une hypothèse hardie avancée par l'auteur; mais en même temps nous devons prévenir nos lecteurs que nous n'osons point entreprendre la tâche de la discuter. Elle nous paraît aussi difficile à démontrer qu'à contester, et il nous faudrait aborder une nature d'argumentation qui nous séduit peu. Nous nous bornerons à l'exposer d'une manière succincte.

L'auteur lui-même est trop pratique pour la donner autrement que comme une hypothèse provisoire, en s'abritant sous la remarque bien connue, que les hypothèses, quoique incomplètes et erronées, peuvent souvent rendre des services à la science.

Les faits divers qui paraissent devoir être réunis par un lien commun et qui peuvent être rattachés à cette hypothèse sont les suivants. « Il est désirable, dit M. Dar-
« win, de pouvoir se rendre compte, même imparfaite-
« ment, comment il se peut qu'un caractère ayant appar-
« tenu à un ancêtre reculé reparaisse subitement dans sa
« descendance; comment les effets d'accroissement ou de
« diminution de l'usage d'un membre peuvent se trans-
« mettre à la génération suivante; comment l'élément
« sexuel mâle peut agir non-seulement sur l'ovule, mais

« quelquefois sur la forme maternelle ; comment un mem-
« bre peut se reproduire exactement sur la ligne d'am-
« putation, sans qu'il y ait ni trop ni trop peu ; comment
« des êtres organisés, identiques sous tous les rapports,
« peuvent être ordinairement produits par des modes
« aussi différents que le bourgeonnement et la génération
« séminale. »

L'auteur part de la base suivante : il est presque universellement admis que les cellules et les unités du corps se propagent par division spontanée ou prolifération, conservent la même nature et se convertissent ultérieurement en diverses substances et tissus du corps.

L'hypothèse de la pangénèse consiste à admettre en outre « que les cellules, avant leur conversion en maté-
« riaux formés et complétement passifs, émettent de pe-
« tits grains ou atomes *(gemmules)* qui circulent libre-
« ment dans tout le système, et lorsqu'ils reçoivent une
« nutrition suffisante se multiplient par division et se dé-
« veloppent ultérieurement en cellules semblables à celles
« dont ils sortent. » Ces gemmules seraient transmises par les parents à leurs enfants et se développeraient en général à la première génération, mais pourraient rester latentes et se développer dans les générations suivantes. Il faut admettre en outre que ces gemmules ont les unes pour les autres une affinité mutuelle d'où résulte leur agrégation en bourgeons ou en éléments sexuels.

M. Darwin fait remarquer lui-même que sa théorie se lie par d'assez grandes analogies avec les idées émises par Buffon, Bonnet, Owen, etc.

F.-J. PICTET.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

RECHERCHES SUR LES CONDITIONS D'EXISTENCE DES PLANTES ET SUR LE JEU DE LEURS ORGANES

PAR

M. JULIUS SACHS [1]

(Traduction française par M. MARC MICHELI. In-8°. Genève, 1868.)

Il y a deux ans déjà, que l'ouvrage de M. Sachs a paru en Allemagne, où il a obtenu un grand et légitime succès ; une seconde édition ne tardera pas à en devenir nécessaire.

C'était, en effet, une œuvre utile que de réunir en un seul corps les innombrables données qui composent aujourd'hui la science physiologique, et de chercher à exprimer sous forme de théorie les résultats d'une foule d'expériences restées sans liaison entre elles. Personne mieux que M. Sachs n'était capable de commencer et de mener à bien une telle entreprise. Aucun chapitre de la physiologie végétale ne lui est étranger; sur presque tous les points, des lectures, des expériences, des recherches approfondies lui ont permis de se faire une idée nette de

[1] M. Micheli, auquel on doit l'excellente traduction française de l'important ouvrage de M. Sachs, a bien voulu consentir à rédiger cette analyse pour les *Archives*. (*Réd.*)

l'état de la question et de discerner le vrai du faux dans les matériaux souvent contradictoires qu'il avait à sa disposition.

Ce n'est pas à la légère qu'il a publié ce volume ; lui-même nous apprend dans la préface que cet ouvrage est le fruit du travail de bien des années ; la partie bibliographique seule (fort complète il est vrai) l'a occupé plus de six ans.

Ce traité était exclusivement destiné à l'étude de la physiologie expérimentale, des rapports de la plante avec les agents extérieurs. Aussi n'est-il pas rigoureusement complet, dans le sens que nous attachons en français au terme physiologie. Tout ce qui tient à la reproduction n'y trouve par exemple aucune place. Ce sujet sera prochainement traité par M. le professeur Hofmeister, dans un volume spécial et faisant partie de la même série d'ouvrages que celui qui nous occupe.

Cherchons maintenant à esquisser brièvement le plan suivi par l'auteur de ce traité. Il s'est écarté de la marche généralement adoptée dans les ouvrages de physiologie. Au lieu d'étudier l'une après l'autre les diverses fonctions, nutrition, respiration, etc., il a préféré s'occuper successivement de l'influence des divers agents extérieurs sur la plante. Cette première partie occupe les chapitres consacrés à l'étude de la lumière, de la chaleur, de l'électricité et de la pesanteur dans leurs rapports avec les plantes. L'auteur se demande ensuite quel est le rôle de divers agents extérieurs qui pénètrent dans l'intérieur de la plante, et consacre à ce sujet cinq chapitres. Quels sont les principes nutritifs de la plante ? — Comment pénètrent-ils dans le végétal ? — Mouvements de l'eau à travers les tissus. — Circulation de l'air. — Influence de l'oxygène

atmosphérique. — Enfin quel parti tirera la plante des divers matériaux qu'elle a à sa disposition, avec l'aide de ses forces vitales et sous l'influence des agents extérieurs ? à cette étude sont consacrés deux chapitres qui comptent parmi les plus intéressants du volume : l'un roule sur la transformation des principes nutritifs en principes élaborés organiques, et l'autre sur le transport de ces mêmes principes à travers le végétal.

Enfin, des deux derniers chapitres, l'un rend compte de l'état actuel de nos connaissances sur la structure moléculaire des parties organiques de la cellule, d'après les belles recherches de M. Nægeli. L'autre qui semblera peut-être sortir en quelque mesure du plan général, est consacré à un sujet assez nouveau, la propriété désignée par M. le professeur Hofmeister qui l'a découverte, sous le nom de « Tension des tissus. » Les mémoires que le savant professeur de Heidelberg a publiés sur ce sujet, ont fait du bruit en Allemagne. Dans les rapports des couches dites érectiles (ou douées d'une vitalité intense et persistante, telles que certains parenchymes) avec les couches passives (épidermes, faisceaux ligneux, etc.), il trouve le moyen d'expliquer beaucoup des phénomènes de courbures et de mouvements, qui jusqu'à présent étaient enveloppés d'un certain mystère. Mais comme tout sujet nouveau, celui-ci n'est peut-être pas encore bien défini ; les données sont difficiles à ramener à une théorie simple, et à beaucoup de lecteurs ce chapitre pourra paraître obscur.

Nous allons maintenant chercher à montrer la marche suivie par l'auteur dans chacune des quatre parties dans lesquelles nous avons divisé son ouvrage.

Tout ce qui tient à l'influence de la lumière est sans contredit un des sujets les plus intéressants de la physio-

logie végétale. Beaucoup des effets de cet agent sur les plantes sont déjà connus depuis longtemps, et une partie de ce chapitre n'est qu'un résumé de nos connaissances sur ce sujet. Là, comme dans tout le reste de l'ouvrage, la partie bibliographique est extrêmement soignée; en relevant les titres de tous les travaux et mémoires cités, on aurait une liste fort complète des auteurs qui ont écrit sur ce sujet. Ce n'est pourtant pas un simple travail de compilation ; M. Sachs s'est beaucoup occupé des rapports de la lumière et de la végétation, et parmi les mémoires dont il parle, beaucoup sont de lui ; certains sujets lui appartiennent même en propre. Il est, par exemple, le seul qui ait cherché à se rendre compte de la profondeur à laquelle les rayons lumineux pénètrent dans les végétaux. Il a trouvé que ce sont les couches à chlorophylle qui absorbent le plus énergiquement la lumière, établissant ainsi un rapport intéressant entre l'organe d'assimilation et l'agent sous l'influence duquel il fonctionne.

La lumière agit encore directement sur la formation du principe colorant lui-même. Dans l'obscurité les feuilles restent jaunes, étiolées et par cela même inhabiles a fonctionner. Ces faits sont connus depuis longtemps ; ce qui l'est peut-être moins, c'est la nature des rayons lumineux particulièrement actifs dans cette circonstance. Toutes les observations concourent à prouver que ce ne sont point les rayons dits chimiques, mais bien la partie la plus éclairante des spectres, le jaune, l'orangé, le vert, qui a le plus grand rôle. Ce sont également les rayons qui ont le plus d'influence sur la rétine des animaux ; une curieuse relation est ainsi établie entre les deux règnes. Sous l'influence de la lumière et par le fait de l'assimilation, la chlorophylle se remplit d'amidon ; c'est là une des décou-

vertes les plus importantes de la physiologie moderne, et plus loin l'auteur y revient avec plus de détails.

La lumière agit aussi avec beaucoup d'intensité sur la forme extérieure des plantes ; chacun connaît les formes grêles et allongées des végétaux qui ont cru dans l'obscurité. Les cellules peuvent bien prendre naissance dans cette condition, mais ce n'est que sous l'influence de la lumière qu'elles acquièrent leurs formes et leurs dimensions normales. Les fleurs et les fruits semblent faire exception à cette règle. Ils ne dépendent pas immédiatement de la lumière ; si les feuilles sont suffisamment éclairées, les fleurs peuvent s'épanouir et les graines mûrir dans l'obscurité. Ce fait est prouvé par de nombreuses expériences dues pour la plupart à M. Sachs lui-même.

Nous n'en avons pas encore fini avec les nombreux effets de la lumière sur les plantes. Le phénomène de l'héliotropisme n'est point nouveau, et M. Sachs ne fait guère à cet égard qu'énumérer des faits déjà connus. Il insiste sur le fait que ce sont les rayons chimiques, bleus, violets et ultra-violets qui ont, dans ce cas, le maximum d'activité.

Notre auteur s'est encore assuré que la lumière a un effet particulier sur les plantes sensitives et sur celles qui prennent pendant la nuit la position dite de sommeil. Après un séjour prolongé dans l'obscurité, elles deviennent « *rigides,* » c'est-à-dire que, même sous l'influence du soleil le plus brillant, elles n'exécutent plus leurs mouvements naturels. Leur état normal est désigné sous le nom de « *Phototone* » et dans cette condition quelques-unes sont sensibles au moindre ébranlement, d'autres se bornent à replier leurs feuilles dès qu'on les plonge dans l'obscurité.

L'étude de l'influence de la chaleur sur les plantes est à un point de vue philosophique encore bien peu avancée; il faudrait en effet pouvoir isoler chaque fonction, chaque phénomène particulier de la végétation et déterminer ses rapports avec la température. Cela est encore entièrement à faire. A peine peut-on indiquer la température intérieure des plantes, les degrés extrêmes entre lesquels la végétation est possible. Quant aux dommages causés par une température trop élevée ou trop basse, ils sont de nature exclusivement moléculaire. Les mêmes dans les deux cas, ils consistent dans un ébranlement des molécules; celles-ci, chassées par des vibrations trop intenses de la position qu'elles occupaient, laissent échapper l'eau qui entrait avec elles dans la structure intime de la membrane. Dans ces conditions, les tissus se dessèchent et ne tardent pas à périr.

L'influence de l'électricité est encore bien moins connue que celle de la chaleur. Des courants même faibles arrêtent les courants du protoplasma, et mettent en mouvement les feuilles sensitives. Un peu plus énergiques, ils anéantissent à jamais, mouvement et sensibilité. Le protoplasma tué par ce moyen prend volontiers le même aspect que celui qui a été exposé à un froid trop intense ou à une température trop élevée.

Les considérations relatives à la pesanteur n'ont peut-être pas un intérêt aussi direct pour la vie du végétal que celles qui précèdent et celles qui suivront. L'importance du rôle de cette force est cependant évident, puisque c'est d'elle en bonne partie que dérive la position des différents organes. Il faut bien dire que nous sommes ici en beaucoup de points réduits à des hypothèses. La base des théories actuelles est due au professeur Hofmeister.

On se bornait autrefois à reconnaître une certaine tendance des racines à se diriger vers le bas et des tiges à se redresser. Jamais avant les travaux de cet ingénieux observateur, on n'avait eu l'idée d'y substituer l'hypothèse bien plus satisfaisante, d'une propriété uniformément répandue dans les tissus. A une certaine période, lorsqu'ils sont encore très-jeunes, tous sont également mous et cèdent à l'effort de la pesanteur. Plus tard, ils durcissent, des tensions se manifestent, souvent un côté s'allonge plus que l'autre suivant la position de l'organe qui se redresse. Les racines peuvent aussi bien que les tiges offrir ce phénomène. Ordinairement ce n'est que la résistance du sol qui les empêche de se relever.

Il ne nous est pas possible d'entreprendre ici l'analyse détaillée des chapitres consacrés à l'étude des rapports de la plante avec ses principes nutritifs. Cette partie de l'ouvrage de M. Sachs est d'un bout à l'autre extrêmement intéressante et remplie de faits et d'aperçus nouveaux. Nous nous bornerons donc à mentionner quelques points importants.

Parlons d'abord des cultures de plantes dans l'eau distillée à laquelle on ajoute des quantités données de principes nutritifs connus. Ce mode d'expérimentation fort avantageux n'a été, si nous ne nous trompons, exposé que tout récemment à l'Académie des Sciences de Paris. Il y a plusieurs années que M. Sachs, qui est le premier à l'avoir employé, s'en sert avec succès. Dans une solution contenant 3 à 4 pour mille de substances solides (sels de potasse, de chaux, nitrates, etc.), des plantes d'espèces très-différentes parcourent toutes les phases de leur existence, et arrivent à produire des graines fertiles.

C'est par des expériences de ce genre seulement, que

l'on peut arriver à déterminer l'importance du rôle que joue dans la plante tel ou tel élément que l'analyse y a découvert. Ces remarques ne s'appliquent naturellement qu'aux éléments des cendres. Les éléments de la matière combustible (parties organisées de la cellule) remplissent dans la vie végétale un rôle très-simple et qu'il n'est pas besoin de prouver expérimentalement.

M. Sachs insiste beaucoup sur l'importance des cendres et il rend en cela pleinement hommage à la perspicacité de notre compatriote Th. de Saussure. Les *Recherches chimiques sur la végétation* sont, de l'avis du savant allemand, un des ouvrages les plus parfaits qui aient été écrits. Les méthodes d'observation se sont perfectionnées, mais aucun observateur n'a été plus intelligent et plus exact que Th. de Saussure. Il ne faut pas considérer les cendres uniquement comme des principes nutritifs; leur petite quantité ne leur assignerait alors qu'un rôle secondaire; il faut plutôt se représenter qu'elles pénètrent dans la cellule, et que là, soit par leurs affinités chimiques, soit simplement par une action de présence, elles mettent en mouvement certaines forces nécessaires à la végétation. De Saussure comparait les cendres au ressort d'une montre dont la matière combustible représenterait les rouages. Tout en allant un peu loin, il n'avait peut-être pas si tort.

Quant au rôle spécial de chacun des principes nutritifs, ce n'est pas ici le lieu de le détailler. Rappelons seulement la relation intéressante du fer avec la chlorophylle qui, en l'absence des sels de ce métal, reste incolore, sans qu'il soit prouvé que le fer entre dans sa composition chimique. C'est M. Gris qui a découvert ce fait; M. Sachs l'a confirmé, et des expériences faites

dans son laboratoire ont en outre prouvé que les métaux appartenant au même groupe, le nickel et le manganèse ne peuvent pas remplacer le fer.

La diffusion dans son sens le plus général est à la base de la pénétration des principes nutritifs dans l'intérieur de la plante. Toutes les conditions nécessaires à l'accomplissement de cette fonction se trouvent réalisées dans les cellules des racines. Les membranes, baignées à l'intérieur par la sève, sont recouvertes à l'extérieur, grâce à la force capillaire d'une couche mince de liquide. Les déductions par lesquelles M. Sachs montre que, par suite de l'équilibre moléculaire qui s'établit dans le sol, le mouvement produit par l'absorption de la plante s'étend bientôt au loin, sont extrêmement ingénieuses et instructives, mais ellesnous entraîneraient trop loin. Qu'il nous suffise de dire que, dans une solution de plusieurs sels, les molécules de chacun d'entre eux et celles du liquide lui-même sont attirées dans la plante par des forces différentes, et leurs mouvements sont en quelque mesure indépendants les uns des autres. Chacun des sels trouvant immédiatement un emploi dans le végétal, l'équilibre moléculaire ne s'établit jamais entre les deux solutions et l'absorption est continue.

Signalons encore les considérations relatives aux forces d'absorption du sol, tirées en partie des travaux de Nægeli. La plante a ici à lutter contre un élément nouveau qui rend l'absorption des principes nutritifs plus difficile. Elle n'a toutefois pas de peine à le vaincre. L'exhalation d'acide carbonique par toute la surface de la racine aide à la dissolution de certains principes trop résistants. De plus, les poils dont la partie vivante de la racine est couverte, s'unissent intimement aux particules solides du sol, et la sève toujours légèrement acide du parenchyme

a toute facilité pour agir directement sur elles. C'est à ces petits poils que M. Sachs propose d'attribuer avant tout le rôle que les spongioles étaient sensées jouer jadis dans l'absorption. Les points où ces poils sont intimement unis aux parties solides seraient désignés sous le nom de « *suçoirs*[1]. » Pour montrer la puissance corrosive de ces petits organes, M. Sachs cite des expériences où le passage d'une racine est resté nettement marqué sur la surface d'une plaque de marbre bien polie.

Le liquide nutritif ayant une fois pénétré dans la racine, différentes causes concourent à le faire monter jusque dans les parties les plus élevées du végétal. D'abord et avant tout, la « force des racines ; » c'est à elle seule qu'est dû le phénomène des pleurs ; de plus elle est capable de soulever la colonne d'eau à une hauteur considérable. Il suffira pour la définir de citer une phrase d'Hofmeister : *Le phénomène des pleurs est dû à la pression qu'exerce la tension des parois des cellules sur le liquide qui a pénétré dans la racine* ; *il est ainsi poussé jusque dans les vaisseaux.*

Mais la force des racines a une limite, et trois autres causes se joignent à elle pour faire monter l'eau jusque dans les parties les plus élevées du végétal et suffire aux besoins de la transpiration. Ce sont : 1° La capillarité qui, dans les cavités extrêmement étroites du bois, acquiert une grande énergie (travaux de Jamin et d'Hofmeister). 2° Le pouvoir d'imbibition des membranes bien différent du précédent et qu'on pourrait appeler la capillarité intermoléculaire. 3° Les oscillations de température.

Nous ne nous arrêterons pas à la transpiration dont les

[1] Une très-bonne figure de ces poils se trouve dans l'ouvrage de M. Sachs, page 206 de la traduction française.

conditions générales sont bien connues. Remarquons seulement que l'action réunie de ces différentes causes arrive à produire un courant d'eau constant à travers la plante, dont la rapidité peut s'élever jusqu'à 0,064mm par seconde.

De même que l'eau, l'air circule constamment à travers les plantes. Les deux importantes fonctions de l'assimilation et de la respiration supposent un échange constant de molécules gazeuses entre les cellules et l'atmosphère. Cet échange ne peut avoir lieu que par diffusion à travers les membranes. En général, chaque cellule est en contact direct avec l'air par le moyen des espaces intercellulaires, des lacunes, etc. Les différences de pression s'égalisent à travers des stomates qui, le fait est maintenant bien prouvé, communiquent directement avec les vaisseaux aériens. C'est à l'étude de ces petits organes, des circonstances sous l'influence desquelles ils s'ouvrent et se ferment, qu'est consacrée la plus grande partie de ce chapitre. Nous ne pouvons pas entrer dans des détails qui sont un peu spéciaux et qui d'ailleurs nous entraîneraient trop loin.

Les faits les plus généraux qui ont rapport à la respiration sont connus depuis un certain temps déjà. Ici encore nous trouvons en première ligne les travaux de Th. de Saussure dont les conclusions n'ont jamais été révoquées en doute. Nous voulons seulement insister tout particulièrement, avec M. Sachs, sur la nécessité de distinguer absolument la respiration de tout ce qui tient à l'assimilation. Ces deux fonctions sont parfaitement distinctes l'une de l'autre, et leur confusion a été la cause de bien des erreurs. Leur effet est diamétralement opposé, puisque l'une concourt directement à l'augmentation de poids de la matière organique, tandis que l'autre la diminue. Le

point le plus obscur dans l'histoire de cette fonction est ce qui a trait à la respiration dans les organes à chlorophylle. Respirent-ils seulement la nuit, ou bien pendant la journée cette fonction est-elle simplement masquée par l'assimilation qui est plus active ? Sans être parfaitement prouvée, la seconde hypothèse semble être la vraie, grâce surtout aux travaux publiés sur ce sujet par M. Garreau.

Nous ne nous arrêterons pas sur les autres effets de l'oxygène sur les végétaux, la production de chaleur et la phosphorescence. Ce sont des phénomènes trop peu connus pour offrir autre chose qu'un intérêt très-spécial.

La troisième partie, que nous allons chercher maintenant à analyser aussi brièvement que possible, est à notre avis peut-être la plus intéressante, la plus riche en aperçus nouveaux et originaux. Le problème dans toute son étendue consisterait à rechercher par quelle suite de transformations chimiques, les matériaux originels (eau, acide carbonique, ammoniaque, acide nitrique, sels métalliques) produisent peu à peu les nombreuses combinaisons organiques des plantes, les principes élaborés. M. Sachs le dit lui-même, la solution des diverses questions que soulève ce problème est à peine commencée. Mais le peu que nous en connaissons est du plus vif intérêt.

L'auteur s'occupe d'abord de tout ce qui a trait au protoplasma. La composition chimique de cette substance si essentielle à la vie végétale n'est point exactement connue, mais sa nature albumineuse ne peut maintenant être révoquée en doute. Deux autres organismes lui sont intimement liés, le nucleus et la chlorophylle, qui tous deux en dérivent directement. L'exposé de la formation des grains de chlorophylle est fort complet et intéressant.

Quant à leur rôle chimique proprement dit, d'autres observateurs (Mohl, Nægeli, Cramer, Gris) avaient reconnu la présence de grains d'amidon de formation secondaire dans la chlorophylle, mais c'est à M. Sachs que revient l'honneur d'avoir expliqué complétement ce phénomène important entre tous. Sous l'influence des rayons lumineux et par le fait de l'assimilation, les grains de chlorophylle se remplissent petit à petit d'amidon, qui de là est constamment emmené par certaines couches parenchymateuses, vers les jeunes organes qui croissent encore, ou vers les organes persistants où il s'emmagasine. Dans l'obscurité, les feuilles ne fonctionnent plus, le phénomène s'arrête. La plante se développe tant que ses tissus renferment encore quelques traces d'amidon, puis elle s'arrête et dépérit. La soumet-on à temps à l'influence des rayons lumineux, l'amidon reparaît et la croissance recommence. Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'immense importance de ces faits qui jettent un jour tout nouveau sur la formation des parties organisées de la cellule. La plante se trouve ainsi en possession d'une première combinaison organique dont, par le moyen de ses forces vitales, elle pourra bientôt tirer toutes les autres.

Les matières protéliques qui sont à la base du protoplasma, n'ont pas d'autre origine. Elles proviennent de la fusion d'une combinaison ternaire telle que l'amidon avec une combinaison azotée (un sel ammoniacal ou un nitrate). Comment cette fusion s'opère-t-elle, c'est ce que nous ne pouvons pas dire. Mais c'est déjà quelque chose que de tenir un des annaux de cette chaîne de transformations.

La cellulose est également vis-à-vis du protaplasma une production d'un ordre secondaire. Dans les jeunes cellules on ne voit d'abord qu'une masse protoplasmique, qui

petit à petit se recouvre de cellulose. Celle-ci n'est évidemment pas produite sur place aux dépens de l'acide carbonique et de l'eau, puisque cette opération entraînerait nécessairement de l'élimination d'oxygène, fonction qui, chacun le sait, est rigoureusement départie aux organes verts. Entre les molécules de protoplasma, il y en a donc d'autres intimement mélangées avec elles qui sont destinées à devenir de la cellulose. Ces molécules, tout tend à le prouver, proviennent de l'amidon. On peut, en effet, le suivre pas à pas à travers les tissus jusque tout près des jeunes cellules, où il disparaît dans le protoplasma et où, par une modification très-légère, il peut se transformer en cellulose. Il nous est absolument impossible de reproduire toutes les intéressantes déductions par lesquelles M. Sachs en arrive à ces conclusions. Nous avons dû nous borner à rapporter strictement les faits. Nous avons laissé de côté tous les moyens que donne l'analyse micro-chimique pour découvrir dans les tissus des traces infinitésimales d'amidon. Nous n'avons parlé que de l'amidon lui-même, sans nous arrêter pour rappeler qu'il se transforme très-facilement en glycose, propriété à laquelle la plante fait souvent appel. Enfin, d'autres substances isomères, telles que le sucre de canne, prennent quelquefois sa place dans les organes persistants d'où elles sortent au printemps pour venir porter la vie aux jeunes bourgeons, avant qu'aucune feuille ne fonctionne.

Nous ne nous étendrons pas sur les moyens que la plante a à sa disposition pour charrier d'un point à l'autre les principes élaborés. Notons seulement en passant deux sortes de tissus conducteurs importants : *a*) Les cellules allongées et à parois minces des faisceaux fibro-vasculaires, sont surtout consacrées aux matières azotées qu'elles contiennent toujours en abondance.

b) Certaines couches parenchymateuses de l'écorce ou de la moelle (rapprochées des faisceaux fibro-vasculaires) charrient les substances non-azotées (amidon, inuline, etc.).

Les vaisseaux lacticifères jouent bien aussi un certain rôle, puisque à côté de principes excrétoires, ils contiennent toujours des principes élaborés.

Quant aux forces motrices, il faut surtout les chercher dans la diffusion combinée avec l'emploi que fait la plante de chaque substance, ce qui tend, en rompant l'équilibre moléculaire, à produire un mouvement. La tension plus ou moins grande des tissus peut aussi jouer un rôle.

Nous terminerons ici cet exposé peut-être déjà trop long de l'ouvrage de M. Sachs, et nous espérons avoir réussi à donner, dans ces quelques pages, une idée de son plan et de son mode de procéder. Nous l'avons dit, ce plan nous paraît fort heureux ; la marche suivie est très-logique, puisqu'en parlant de phénomènes purement extérieurs à la plante, on en arrive à la fin à des questions qui touchent de près à la vie même du végétal.

Les deux derniers chapitres tiennent une place un peu à part. C'est pourquoi nous ne nous y arrêtons pas, rappelant seulement que, d'après les travaux de Næegeli, la structure moléculaire des parties organiques de la cellule est cristalline. Chaque molécule est un cristal biréfringent, à l'état sec toutes se touchent, dans l'état normal elles sont entourées de couches d'eau plus ou moins épaisses.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

PAALZOW. UEBER DEN GALVANISCHEN WIEDERSTAND, etc. DE LA RÉSISTANCE DES LIQUIDES POUR L'ÉLECTRICITÉ. (*Monatsberichte der Königl. Académie der Wissenschaften zu Berlin,* Juli 1868.)

Les seules données précises que l'on possède jusqu'ici sur ce point, sont dues à Beetz, qui a le premier évité les erreurs provenant de la polarisation des électrodes qui entachaient toutes les recherches faites par d'autres sur ce même sujet. Le premier, en effet, il a employé des électrodes de zinc amalgamé plongés dans du sulfate de zinc, les seules avec lesquelles on n'obtienne pas de polarisation[1].

Du reste, il n'avait appliqué cette méthode qu'au sulfate de zinc, et M. Paalzow vient maintenant d'étendre ces recherches à d'autres liquides tout en conservant l'avantage des électrodes non polarisées. Pour étudier en même temps l'influence en quelque sorte évidente de la composition chimique sur la conductibilité électrique des liquides il n'a opéré que sur des dissolutions en proportions parfaitement définies. La dissolution était placée dans un siphon reliant deux vases en verre pleins d'une dissolution de sulfate de zinc dans laquelle plongeaient les électrodes en zinc amalgamé; deux diaphragmes dans lesquels plongeaient les deux extrémités du siphon et qui étaient remplis comme lui du liquide sur lequel on voulait opérer, empêchaient celui-ci de se mélanger avec le sulfate de zinc, tout en permettant le passage du courant. Opérant successivement avec trois siphons de grandeur

[1] *Pogg. Ann.*, tome CXVII, p. 1, et *Archives des Sciences physiques et naturelles*, 1863, tome XVI, p. 216.

différente, on mesurait à l'aide d'un pont de Wheatstone, les résistances opposées au passage du courant par ces trois colonnes liquides dont les dimensions étaient différentes, toutes les autres conditions étaient égales du reste. D'autre part, on avait mesuré une fois pour toutes la résistance électrique de ces trois siphons quand ils étaient remplis de mercure : en comparant donc la différence de résistance de deux siphons pleins de dissolution à celle des deux mêmes siphons pleins de mercure, on en déduisait la conductibilité de la dissolution comparée à celle du mercure. L'emploi de trois siphons servait à contrôler le résultat des expériences.

L'auteur a opéré avec cette méthode sur des dissolutions parfaitement pures et titrées d'acide sulfurique, de sulfate de zinc, de sulfate de cuivre, de sulfate de magnésium et de chlorure de sodium dans de l'eau, et cela aux températures variables du laboratoire.

Il semblerait qu'on pût, connaissant la résistance de deux liquides ou de deux dissolutions, déterminer celle du mélange de ces deux liquides, en additionnant les résistances des deux parties du mélange; l'auteur cependant a reconnu qu'il n'en était rien et que la conductibilité d'un mélange de deux liquides se rapproche toujours davantage de celle du liquide le plus conducteur.

M. Paalzow se propose de reprendre ces expériences et de les compléter tout en étudiant l'influence de la température. On trouvera plus loin, à propos d'un autre travail de M. Paalzow, sur la conductibilité des liquides pour la chaleur, les résultats obtenus par lui pour la conductibilité électrique.

E. S.

A. Paalzow. Ueber das Leitungsvermögen, etc. Sur la conductibilité des liquides pour la chaleur. (*Poggend. Ann.*, tome CXXXIV, p. 618.)

A la suite de ses recherches sur la conductibilité des li-

quides pour l'électricité[1], M. Paalzow fut curieux de voir s'il n'existait pas chez les liquides comme chez les solides un lien entre la conductibilité électrique et la conductibilité pour la chaleur. L'auteur ne donne d'ailleurs ici que des résultats tout à fait généraux, n'ayant pu entreprendre encore une série de recherches exactes sur cette matière.

Ces expériences, en quelque sorte préliminaires, ont été faites avec un appareil fort simple, consistant en un vase cylindrique en verre de 60^{mm} de diamètre, plein du liquide sur lequel il s'agissait d'opérer; celui-ci était échauffé à sa partie supérieure par un vase de cuivre ou de plomb, dans lequel circulait un courant continu de vapeur. La température du liquide à différentes profondeurs était donnée par trois ou quatre thermomètres. Pour obtenir un état de température stable dans l'intérieur du liquide, il fallait le soumettre pendant huit ou dix heures consécutives à l'action de ce courant de vapeur.

L'auteur a d'abord comparé l'eau avec une dissolution concentrée de chlorure de sodium; le premier thermomètre était à 10^{mm} au-dessous de la surface du liquide, les autres à 60^{mm} d'intervalle.

	Eau.	Chlorure de sodium.
Premier thermomètre. . . .	72°,4 C.	72°,2 C.
Deuxième »	26°	23°,8
Troisième »	20°	17°.9
Quatrième »	19°	17°,4
Température extérieure . .	13°	15°

d'où il suit que le chlorure de sodium est moins bon conducteur que l'eau.

La même expérience faite cette fois avec du sulfate de cuivre, et en rapprochant un peu plus les thermomètres de manière que les écarts de température ne fussent pas aussi grands de l'un à l'autre, a donné les résultats suivants :

[1] Voyez page 82.

	Eau.	Sulfate de cuivre.
Premier thermomètre	73°,2 C.	72°,5 C.
Deuxième »	34°,3	34°,2
Troisième »	22°,2	22°,2
Température extérieure . . .	14°,5	14°,5

la conductibilité du sulfate de cuivre pour la chaleur est donc sensiblement égale à celle de l'eau.

L'auteur cite encore des expériences analogues faites sur l'acide sulfurique, le sulfate de zinc et le mercure, puis il résume son mémoire par le tableau suivant :

CONDUCTIBILITÉ	
pour l'électricité.	pour la chaleur.
Mercure,	mercure.
Acide sulfurique,	eau.
Chlorure de sodium,	sulfate de cuivre.
Sulfate de zinc,	acide sulfurique.
Sulfate de cuivre,	sulfate de zinc.
Eau,	chlorure de sodium.

Il ressort donc clairement de ces expériences qu'il n'y a point de lien entre la conductibilité électrique et la conductibilité calorifique des liquides. E. S.

J.-C. Poggendorff. Ueber die Unabhængigkeit, etc. Sur l'indépendance du courant d'influence de la résistance des substances conductrices. (*Monatsberichte der Akademie der Wisseechaften zu Berlin.* Juillet, 1868. Traduction.)

J'ai montré dans mon mémoire[1] sur le tube de Holtz que, quand on essaie de faire bifurquer le courant d'influence continu entre deux de ces tubes placés l'un à côté de l'autre mais en sens inverse, il passe toujours à travers celui dont les

[1] *Monatsberichte der Akademie.* Décembre 1867. — *Archives*, 1868, tome XXXIII, p. 343.

pointes de l'entonnoir sont tournées vers le pôle positif, et que la résistance, quelque considérable qu'elle soit, d'une substance solide ou liquide introduite dans le circuit, ne diminue pas le passage du courant à travers ce tube. J'ai fait observer à cette occasion que ce fait s'accorde avec la manière dont se comporte le courant continu non bifurqué, sur lequel l'introduction d'une très-grande résistance dans son trajet à travers un tube de ce genre n'exerce absolument aucune influence. J'ai constaté la même chose à l'égard de la soupape de Gaugain.

A l'époque où je faisais ces observations et où je les publiais, je ne me suis pas rappelé que le fait que j'avais constaté relativement aux phénomènes lumineux dans les tubes vides d'air, avait été déjà observé trente ans auparavant par Gauss relativement à l'effet magnétique des courants produits par l'électricité de frottement.

Voici ce que disait ce savant sur cet effet dans les Résultats des Observations de l'Association magnétique, 1837, p. 13 (Gœttingen, 1838):

« Au lieu de décharger une bouteille de Leyde ou une batterie de bouteilles au travers d'une chaîne métallique (comme l'avaient fait M. Colladon et Faraday), on a réuni le conducteur et le coussinet d'une machine électrique placée dans le cabinet de physique, avec les extrémités du conducteur métallique passant par l'Observatoire et qui, y compris le multiplicateur, avait une longueur de 13000 pieds; on tournait la machine électrique avec une vitesse uniforme; la vitesse étant d'un tour par seconde, le barreau aimanté de vingt-cinq livres, du nouvel appareil dans l'Observatoire, subissait une déviation constante de 144 divisions (un peu plus de 50 minutes), positive ou négative, selon la direction dans laquelle l'électricité traversait le multiplicateur. Les expériences offraient toute la régularité désirable.

« *Mais ce qui est tout particulièrement remarquable, c'est que l'effet électromagnétique restait absolument identique lors*

même que, par l'introduction d'autres appareils, on donnait au circuit la longueur d'une lieue entière.

« Ce fait pourrait paraître constituer une différence essentielle avec ce qui se passe pour les courants hydrogalvaniques, thermogalvaniques ou induits, dont l'intensité, manifestée par l'amplitude des effets électromagnétiques, est toujours d'autant plus faible que le circuit est plus long. Mais je trouve qu'il n'y a là qu'une confirmation frappante de la théorie en vertu de laquelle l'intensité inégale de deux courants galvaniques, manifestée par un effet électromagnétique inégal, n'est autre chose qu'une quantité inégale d'électricité qui traverse dans un temps déterminé chaque section transversale du circuit.

« Dans les autres modes de production, une force électromotrice donnée développe dans un temps donné d'autant moins d'électricité que la résistance opposée par le plus long circuit est plus grande ; dans nos expériences, au contraire, la quantité d'électricité mise en mouvement ne dépend que du jeu de la machine, et *toute* l'électricité, qui sous forme d'étincelles arrive sur le conducteur, doit parcourir tout le circuit, qu'il soit court ou long, pour se neutraliser avec l'électricité opposée de l'appareil de frottement. »

A l'exception de ce petit nombre d'expériences et de considérations mentionnées accessoirement à l'occasion de la description du magnétomètre bifilaire, je ne sache pas que Gauss ait publié autre chose sur l'électricité de frottement. Peut-être est-ce à cette cause qu'il faut attribuer le peu d'attention qu'on a accordé à ces résultats. A ma connaissance, personne n'a encore repris l'étude des expériences de Gauss pour arriver à leur confirmation ou à leur réfutation.

Faraday, M. W. Weber et M. Riess ont cependant fait des expériences sur l'effet galvanométrique de l'électricité de frottement et sont tous arrivés à ce résultat que cet effet ne paraît pas dépendre de la nature du conducteur parcouru[1].

[1] *Poggend. Ann.*, LXVII, 535 et LXIX, 151. — Riess, *Electricitäts-Lehre*, tome I, p. 468.

Mais on ne peut pas considérer ce résultat comme une confirmation de celui obtenu par Gauss, puisqu'il l'a été par une batterie et qu'il laisse intacte la question de savoir si la production de l'électricité dans la machine dépend ou non de la résistance de l'arc de fermeture.

Les expériences avec la batterie ne permettent pas de juger de quelle manière le courant direct de la machine électrique agirait sur l'aiguille aimantée. Renversant la question, on pourrait dire : si l'on admet l'exactitude de l'expérience de Gauss et la conclusion qu'il en tire, le résultat obtenu avec la batterie en est la conséquence nécessaire.

Comme l'étude des phénomènes lumineux dans les tubes vides d'air m'avait amené à m'occuper de la question de la dépendance mutuelle du courant d'influence et de la résistance, j'ai cru devoir reprendre et varier l'expérience de Gauss, bien que je n'eusse d'avance aucun doute sur son exactitude.

Il ne m'a pas paru nécesaire d'employer dans ce but un instrument aussi parfait que le magnétomètre bifilaire; en revanche, j'ai cherché à augmenter l'effet de manière à pouvoir obtenir un résultat décisif même avec un instrument peu sensible. Le galvanomètre dont je me suis servi se composait de deux barreaux aimantés de trois pouces de longueur sur une ligne d'épaisseur, formant un système à moitié astatique qui était entouré d'un fil de cuivre parfaitement isolé, faisant trois cents tours.

En réunissant ce galvanomètre avec la machine de Holtz, au moyen de fils courts, j'ai obtenu une déviation de 10° environ. J'ai obtenu la même déviation après avoir remplacé les fils courts par un cordon humide de quinze pieds, qui offrait une résistance plusieurs milliers de fois plus grande.

Une machine construite plus récemment par M. Holtz, et munie de vingt *éléments* ou points d'excitation et produisant une beaucoup plus grande quantité d'électricité que la mienne, m'a fourni l'occasion de reprendre cette expérience

sur une plus grande échelle. Le même galvanomètre subissait une déviation constante de 45°, soit que l'instrument communiquât avec la machine par des fils métalliques courts, soit que le long cordon mentionné plus haut fût introduit dans le circuit.

Ces expériences, qui ont été répétées un grand nombre de fois, me paraissent mettre hors de doute l'exactitude de l'assertion de Gauss ; car ce que la mesure galvanométrique pouvait laisser à désirer au point de vue d'une exactitude rigoureuse, n'a aucune importance à cause de l'énorme différence des résistances que l'on comparait[1].

[1] La détermination de l'effet magnétique du courant d'influence est sujette à une petite difficulté provenant de ce que toutes les machines électriques, même celles qui sont munies d'un arc de fermeture entièrement métallique, fournissent toujours l'une ou l'autre des électricités en excès, d'où résulte un dérangement dans l'effet électroscopique exercé sur l'aiguille aimantée.

Avec la machine de Holtz, c'est généralement l'électricité positive qui domine. On peut toutefois y obvier en éloignant un peu plus du plateau le peigne de celle des électrodes qui la fournit, ou bien en l'inclinant à peu près de 45 degrés (ainsi que M. Holtz le pratique). Mais comme de cette manière une partie de l'effet est perdu, il convient mieux de mettre l'électrode en communication avec la terre.

Les choses sont plus compliquées avec la machine électrique ordinaire. Quand on réunit le conducteur avec l'appareil de frottement par un arc quelconque près duquel on place un électromètre, on trouve, quelque parfaite que soit la conductibilité (j'ai employé, par exemple, un fil de cuivre de trois pieds de long sur près d'une ligne d'épaisseur), qu'au passage du courant cet arc renferme toujours un peu d'électricité libre, positive ou négative selon les circonstances, et qu'on peut en tirer sous forme d'étincelles. Cela tient évidemment à ce que les deux sources qui fournissent l'électricité au circuit, savoir la production de l'électricité négative sur les coussinets, et l'action d'influence du plateau qui, en en extrayant de l'électricité négative, y laisse de la positive en liberté, ne se font pas toujours exactement équilibre. Si les armures du conducteur ne sont pas munies de pointes (comme c'est le cas dans plusieurs machines), c'est l'électricité négative qui prédomine dans l'arc de fermeture ; si au contraire elles en ont, l'arc décèle un excès d'électricité positive ; mais en revanche

Néanmoins, il m'a semblé qu'il ne serait pas sans utilité de chercher une confirmation de plus, et je n'ai pas tardé à en trouver une plus directe et plus générale, en ce qu'elle démontre d'une manière irréfragable l'exactitude de l'expérience de Gauss, et en même temps la conclusion qui en découle.

Cette confirmation se présente quand on essaie de mesurer quantitativement à l'aide du procédé ancien et bien éprouvé de la bouteille électrométrique, la quantité d'électricité fournie par la machine avec des arcs de fermeture offrant des résistances différentes.

J'ai disposé l'expérience de telle façon que, pendant que la bouteille électrométrique se trouvait dans le circuit de la machine, on pouvait avec la plus grande facilité y intercaller ou en exclure un cordon humide de dix, quinze ou vingt pieds; on faisait tourner le plateau avec une vitesse aussi uniforme que possible. Je peux certifier que l'on ne pouvait pas distinguer la moindre différence dans le nombre des décharges de la bouteille dans un temps déterminé, soit que l'énorme résistance du cordon humide se trouvât dans le circuit, soit qu'il ne s'y trouvât pas.

Je me suis assuré que le résultat est le même avec la machine de Holtz comme avec la machine électrique ordinaire.

D'après cela, je crois avoir prouvé d'une manière rigoureuse, premièrement que, comme Gauss et avant lui Ampère l'avaient supposé, le développement de l'électricité dans les machines est indépendant de la résistance du conducteur; et secondement, ce qui est la conséquence du premier point, que le courant produit par les machines est indépendant de cette résistance.

le plateau se trouve fortement négatif (conformément à la belle découverte de M. Holtz que j'ai constatée plusieurs fois en modifiant les conditions de diverses manières) L'expérience est encore compliquée par la circonstance que de la région de l'enveloppe de taffetas du plateau partent continuellement des étincelles d'électricité positive qui, en courant le long du verre, sautent sur les armures du conducteur.

Le cas où le circuit est coupé par une lame de verre mince paraît à première vue offrir une exception. En introduisant dans le circuit simultanément les uns à la suite des autres, les trois tubes à boules, dont j'ai parlé dans une notice récente[1], le circuit, comprenant également la bouteille électrométrique, les décharges se succédaient sensiblement plus lentement que quand les tubes étaient exclus. Cette exception n'est toutefois qu'apparente. Car, en premier lieu, on ne peut pas éviter que les fils minces qui réunissent les tubes à boules, soit entre eux, soit avec la bouteille et avec la machine, ne laissent échapper de l'électricité dans l'air ; et, en en second lieu, ces tubes, comme je l'ai montré ailleurs, ne présentent pas seulement une résistance passive, mais exercent aussi une résistance électromotrice qui engendre une force contraire. On en a une preuve frappante dans les pinceaux lumineux positifs sur le plateau en rotation : ils sont plus courts, quand les tubes à boules sont dans le circuit sans la bouteille, que dans le cas contraire.

On observe un phénomène analogue quand, outre la bouteille, on intercalle des tubes de Holtz dans le circuit. J'en ai employé quatre qui, placés à la suite les uns des autres, formaient une colonne d'hydrogène raréfié de sept pieds et dont les seize entonnoirs étaient tournés du même côté. Quand les pointes de ces entonnoirs étaient placées du côté du pôle positif on pouvait à peine discerner une diminution dans le nombre des décharges de la bouteille ; dans la position inverse on apercevait un ralentissement, bien qu'insignifiant, et cela par la même raison qu'avec les tubes à boules.

Des tubes vides d'air qui n'offrent pas de différence polaire, n'exercent aucune action retardatrice sur les décharges de la bouteille et par conséquent n'affaiblissent pas le courant d'influence. J'en ai eu la preuve avec deux tubes remplis d'hydrogène raréfié, qui avaient deux pieds de long

[1] *Monatsberichte*, avril 1868.

et trois lignes de diamètre et qui n'offraient ni entonnoirs ni autres rétrécissements.

Même l'air libre, traversé sous forme d'étincelles, n'affaiblit pas le courant par influence, pourvu que l'étincelle ne soit pas trop longue. Si la distance explosive est assez grande pour que l'étincelle isolée disparaisse en partie ou en totalité pour faire place à une aigrette, alors il en résulte effectivement un ralentissement notable dans la rapidité des décharges de la bouteille; toutefois il ne faut pas perdre de vue que dans ce cas une proportion considérable d'électricité s'échappe dans l'air sans atteindre la bouteille.

L'indépendance du courant d'influence et de la résistance est mise en évidence non-seulement par l'aiguille aimantée et la bouteille électrométrique, mais aussi par le thermomètre, quand on emploie cet instrument pour mesurer la chaleur dégagée entre les électrodes de la machine. On trouve que cette chaleur est invariablement la même, que l'on introduise ou non un cordon humide de dix pieds de longueur dans le circuit. Je dois avouer que je ne m'attendais point à ce résultat. Les étincelles de décharge de la batterie se comportent tout différemment d'après les expériences bien connues de M. Paalzow[1].

Enfin il n'est peut-être pas superflu d'attirer l'attention sur la question de savoir comment l'indépendance du courant d'influence et de la résistance peut s'accorder avec le fait bien connu qu'une machine électrique fournit notablement moins d'électricité quand l'appareil de frottement est isolé, ce qui revient à le réunir au conducteur par un circuit opposant une résistance infinie. Je crois que cette question tombe devant cette autre question : comment est-il possible, dans ce cas, que la machine soit en état de fournir de l'électricité ? Dans la supposition que le courant dépende de la résistance, il ne paraît pas du tout possible qu'il puisse se développer

[1] *Poggend. Annalen*, CXXVII, 126.

d'électricité sans que les coussinets soient déchargés[1]. Il faudrait dans ce cas attribuer l'effet de la machine à une déperdition silencieuse de l'électricité négative dans l'air.

La machine électrique dans ces conditons se comporterait évidemment d'une manière analogue à la pile voltaïque. Partant du principe que cette dernière produit d'autant moins d'électricité que la conductibilité du circuit est plus imparfaite, il s'en suivrait, si le principe était généralement vrai, que s'il n'y avait aucune communication, elle ne pourrait donner lieu à aucun développement d'électricité. Or il s'en développe cependant.

On voit d'après cela que, pour les deux principes, il y a des réserves à faire : tous deux supposent la présence d'un arc de fermeture de résistance limitée, et écartent le cas extrême d'une résistance infinie.

J.-C. Poggendorff. Ueber eine verbesserte, etc. Sur une nouvelle forme perfectionnée de la pile de Grove. (*Monatsberichte*, April 1868, et *Pogg. Ann.*, v. CXXXIV, p. 478.)

La pile de Grove est incontestablement la plus commode, surtout pour les expériences en petit à cause de sa propreté et de la facilité avec laquelle elle se laisse manier, aussi l'auteur s'est-il efforcé de remédier à certaines imperfections qu'elle présente encore sous la forme qu'on lui donne ordinairement. Les principaux inconvénients de la pile de Grove à ses yeux, sont la soudure toujours imparfaite qui relie la lame de platine à la pince qui reçoit le fil conducteur, et l'enduit isolant nécessaire pour consolider l'appareil et protéger cette soudure laquelle ne tarde pas néanmoins à être attaquée et détruite par les acides.

[1] Le frottement de deux corps isolants l'un contre l'autre montre toutefois qu'il peut y avoir production d'électricité sans décharge.

Pour parer à ces inconvénients, M. Poggendorff propose la construction suivante :

Le couvercle destiné à fermer le diaphragme et à porter la lame de platine n'est plus en porcelaine mais en serpentine, matière qui a le double avantage de se laisser facilement travailler au tour et de n'être point attaquée par les vapeurs d'acide azotique. Ce couvercle sert aussi par le fait de son rebord à maintenir le diaphragme fixe dans l'intérieur du cylindre de zinc ; il est percé en son milieu d'un trou qui donne passage à une tige en platine destinée à relier l'électrode positive au fil conducteur. A sa partie inférieure cette tige est fendue de manière à former une sorte de pince portant deux lames de platine demi-cylindriques appliquées l'une contre l'autre de manière à augmenter la surface de l'électrode. A sa partie supérieure cette tige forme une vis munie de deux écrous, dont l'un est tout simplement la pince en laiton pour le fil conducteur, l'autre une rondelle de platine qui vient s'appliquer contre la surface inférieure du couvercle.

Cette disposition, comme on le voit, présente l'avantage d'une grande solidité, en évitant toute soudure et tout mastic; néanmoins elle doit être fort coûteuse et nous semble inférieure à la disposition adoptée par M. de la Rive, dans laquelle la feuille de platine étant enroulée et maintenue autour du diaphragme, n'exige qu'une soudure très-faible pour arriver à une solidité très-suffisante dans la pratique.

E. S.

H. Hildebrandsson. Recherches sur la propagation de l'hydrogène sulfuré a travers des gaz différents. (*Actes de la Société royale des Sciences d'Upsal*, série iii, tome VI.)

L'auteur a recherché principalement sur l'hydrogène sulfuré, les lois du phénomène de la *propagation des gaz*. Sous ce nom il désigne la propriété que possèdent deux gaz mis en contact sans être séparés par aucun diaphragme de se

répandre l'un dans l'autre. Cette propriété avait déjà été étudiée par M. Graham qui l'avait appelée l'*interdiffusion*[1].

Le procédé employé par M. Hildebrandsson consiste essentiellement à mettre en communication un ballon rempli d'hydrogène sulfuré avec un tube plein d'air sec ou d'un autre gaz ; une bande de papier contenue dans ce tube et sur laquelle on a tracé des divisions avec un réactif à base de plomb révèle la progression de l'hydrogène sulfuré.

De ses expériences l'auteur tire les conclusions suivantes :

1° Un gaz se propage au travers d'un autre avec la même vitesse dans toutes les directions.

2° La vitesse décroît avec la distance de l'ouverture, en sorte que le temps t et la distance parcourue x sont liées entre elles par l'équation parabolique $x^2 = at$.

3° Le coefficient a croît avec le diamètre du tube ; la relation entre ces quantités n'est pas encore parfaitement connue ; cependant elles paraissent être proportionnelles.

4° Le coefficient a varie avec les gaz différents contenus dans le tube. Il est plus grand pour un gaz moins dense et *vice versâ*.

5° Ce coefficient a varie aussi pour les mêmes gaz si l'on emploie des réactifs différents, ce qui s'explique parce qu'il faut des quantités différentes de gaz pour noircir l'échelle suivant la substance qui a servi à le tracer.

CHIMIE.

E. Grimaux. Sur la cinnamate de benzyle. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences,* tome LXVII, p. 1049.)

Les différences trouvées par M. Scharling dans les analyses de la cinnaméine et dans celles de la péruvine ont fait penser à l'auteur que la cinnaméine du baume du Pérou ne pouvait être du cinnamate de benzyle pur, et pour s'en assurer, il a

[1] Voyez *Archives*, 1864, tome XIX, page 325.

préparé ce dernier par l'action du chlorure de benzyle pur $C^{14}H^{14}Cl^{2}$, sur le cinnamate de soude ; il a obtenu ainsi un corps très-pur et parfaitement cristallisé.

Le cinnamate benzylique $C^{14}H^{14}O, C^{18}H^{14}O^{3}$ est formé de prismes courts, brillants, d'une blancheur éclatante, d'une odeur aromatique agréable. Il fond à 39° et peut rester plusieurs heures en surfusion à une température voisine de zéro. Lorsqu'il se solidifie, il se prend en une masse radiée, d'un aspect cireux. Il se décompose vers 350° en fournissant de l'acide cinnamique et des matières huileuses. Il distille sans altération dans le vide, entre 225 et 235°. Il est très-soluble dans l'alcool et l'éther ; ce dernier l'abandonne par évaporation spontanée, en gouttelettes huileuses qui finissent par se concréter. La potasse alcoolique le décompose facilement.

M. Grimaux regarde comme probable que la métacinnaméine de M. Frémy est du cinnamate benzylique pur et non pas de la styracine (cinnamate cinnamique) comme le pensaient MM. Kopp et Kraut [1].

[1] Comme je l'ai montré dans le précédent numéro des *Archives*, la cinnaméine n'est pas du cinnamate benzylique pur ; elle renferme en dissolution du cinnamate cinnamylique ; comme elle est liquide (des tubes remplis de cinnaméine depuis trente ans ne se sont jamais solidifiés), et que le cinnamate benzylique décrit par M. Grimaux est solide, il y a probablement là un cas d'isomérie. M. D.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

Pendant le mois de DÉCEMBRE 1868.

Le 1er, brouillard tout le jour.
2, id.
3, id.
4, à 8 h. du soir forte rosée ; de 8 h. à 9 1/2 h. du soir la température s'est élevée de + 4°,0 à + 8°,5 ; couronne lunaire dans la soirée.
16, éclairs et tonnerres de 2 1/2 h. à 3 1/4 h. de l'après-midi. L'orage fait le tour de l'horizon, en passant successivement du Sud à l'Ouest, au Nord et à l'Est, il a atteint sa plus grande intensité à 2 3/4 h., forte averse à ce moment. Les montagnes des environs qui étaient débarrassées de neige depuis plusieurs jours, sont légèrement blanchies.
18, forte gelée blanche le matin.
20, brouillard le matin jusqu'à Midi, puis depuis 2 h. pluie et plus tard neige qui prend pied. Dans la nuit élévation de la température qui fait fondre cette neige non-seulement dans la plaine, mais aussi sur le Salève, qui est complétement découvert le 21 au matin.
25, couronne lunaire dans la soirée.
27, gelée blanche le matin ; faible halo solaire de 9 1/2 h. à 11 h.
28, couronne lunaire et beau halo lunaire de 5 3/4 h. à 7 1/4 h. du soir.
31, neige sur les montagnes des environs.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 6 à 10 h. matin	731,54
10 à 10 h. matin	735,48
14 à midi	728,09
17 à 10 h. matin	732,31
21 à 11 h. matin	724,94
26 à 10 h. soir	726,37
28 à 10 h. matin	726,86
31 à 10 h. soir	730,11

MINIMUM.

	mm
Le 1 à 6 h. matin	724,84
8 à 6 h. matin	725,70
13 à 2 h. ap. midi	724,08
16 à 2 h. ap. midi	723,74
20 à 10 h. soir	719,57
24 à 3 $^{1}/_{2}$ h. soir	713,39
27 à 6 h. soir	721,51
29 à 10 h. soir	719,27

GENÈVE. — DÉCEMBRE 1868.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm.
1	725,67	— 1,44	+ 0,69	—1,63	— 1,9	+ 1,9	4,55	—0,03	941	+ 87	900	970	...	...	SE. 1	1,00	8,2	0,0	103
2	727,06	— 0,09	+ 2,31	+0,12	0,0	+ 4,9	5,17	+0,62	938	+ 84	730	1000	...	...	S. 1	0,88	8,2	+ 0,1	103
3	726,76	— 0,42	+ 2,72	+0,66	+ 1,1	+ 4,0	5,39	+0,87	972	+117	920	990	1,7	3	SO. 1	0,99	8,2	+ 0,2	102
4	728,97	+ 1,75	+ 5,59	+3,65	+ 3,0	+ 9,7	6,25	+1,76	917	+ 62	790	980	...	...	variable	0,50	8,3	+ 0,4	101
5	729,54	+ 2,29	+11,25	+9,43	+ 6,8	+14,1	7,21	+2,75	720	—135	550	860	5,7	8	SSO. 2	0,99	8,4	+ 0,7	101
6	730,43	+ 3,14	+12,43	+10,73	+10,1	+15,6	8,97	+4,54	833	— 23	690	910	...	...	variable	0,91	—	—	102
7	730,12	+ 2,79	+13,22	+11,64	+ 9,8	+17,6	7,75	+3,35	701	—155	570	850	...	...	OSO. 1	0,99	8,7	+ 1,2	98
8	726,86	— 0,50	+12,65	+11,19	+ 9,9	+16,0	6,90	+2,53	642	—215	480	710	1,0	3	SO. 2	0,90	8,7	+ 1,3	98
9	730,81	+ 3,41	+ 8,60	+7,25	+ 7,0	+12,0	6.65	+2,31	796	— 61	670	860	3,2	7	SSO. 2	0,89	8,6	+ 1,3	99
10	734,17	+ 6,74	+ 5,03	+3,80	+ 1,8	+ 7,8	5.32	+1,01	826	— 32	690	990	...	...	NNE. 1	0,67	8,3	+ 1,1	100
11	727,32	— 0,15	+ 8,00	+6,87	+ 0,4	+13,4	4,55	+0,27	586	—272	390	990	...	...	SSO. 2	0,61	8 1	+ 1,0	102
12	726,11	— 1,40	+ 8,98	+7,96	+ 6,5	+12,0	7,03	+2,79	828	— 31	700	930	1,8	3	SSO. 1	0,88	8,3	+ 1,2	109
13	724,54	— 3,00	+ 6,42	+5,50	+ 4,0	+ 8,0	6,80	+2,59	946	+ 86	890	990	...	...	variable	1,00	—	—	107
14	727,34	— 0,24	+ 5,67	+4,84	+ 4,5	+ 7,1	6,16	+1,98	915	+ 54	860	950	...	...	variable	0,94	8,2	+ 1,3	107
15	727,36	— 0,26	+ 5,11	+4,37	+ 2,7	+ 9,0	6,22	+2,07	949	+ 87	710	1000	...	...	variable	0,98	8,1	+ 1,3	108
16	725,94	— 1,70	+ 7,91	+7,26	+ 6,2	+11,0	6,85	+2,72	871	+ 9	630	930	15,6	10	S. 1	0,98	8,2	+ 1,3	112
17	731,44	+ 3,78	+ 5,97	+5,41	+ 1,1	+12,0	5,69	+1,58	827	— 36	560	970	4,7	7	variable	0,37	8,2	+ 1,6	112
18	727,33	— 0,35	+ 1,99	+1,52	— 0,7	+ 4,0	4,98	+0,89	934	+ 70	880	990	...	...	SSO. 1	0,93	7,8	+ 1,3	113
19	725,39	— 2,31	+ 5,83	+5,44	+ 3,2	+ 7,9	5,83	+1,75	844	— 20	750	970	5,7	6	SSO. 1	0,97	7,9	+ 1,5	114
20	721,11	— 6,60	+ 1,52	+1,21	— 0,5	+ 4,7	5,04	+0,97	983	+118	910	1000	18,4	13	SSO. 1	0,97	—	—	115
21	724,06	— 3,66	+ 7,93	+7,69	+ 0,4	+10,0	7,44	+3,38	907	+ 42	770	990	9,2	7	SSO. 1	0,99	7,8	+ 1,5	117
22	719,78	— 7,95	+12,16	+12,00	+ 8,0	+17,6	7,94	+3,88	754	—112	480	980	8,2	7	variable	1,00	7,9	+ 1,7	122
23	716,12	—11,62	+ 7,73	+7,64	+ 6,0	+12,0	5,70	+1,65	738	—128	580	960	22,0	12	SSO. 2	0,97	8,1	+ 2,0	124
24	715,29	—12,47	+ 9,24	+9,21	+ 5,7	+13,7	5,99	+1,94	692	—175	460	820	8,9	12	SSO. 2	1,00	8,0	+ 1,9	129
25	717,53	—10,24	+ 8,53	+8,55	+ 7,4	+11,2	4,65	+0,60	577	—290	490	640	...	...	SSO. 1	0,89	—	—	133
26	725,49	— 2,30	+ 4,67	+4,75	+ 1,0	+ 9,0	4,15	+0,11	673	—195	460	840	0,2	1	SSO. 1	0,21	7,1	+ 1,2	137
27	723,07	— 4,73	+ 4,70	+4,83	+ 0,9	+ 7,7	4,39	+0,35	676	—192,	400	870	22,3	14	SO. 2	0,81	—	—	140
28	724,40	— 3,42	+10,12	+10,31	+ 6,5	+12,7	5,41	+1,37	593	—276	370	820	...	...	SSO. 2	0,73	7,1	+ 1,3	142
29	723,04	— 4,79	+11,96	+12,20	+ 9,0	+15,1	5,55	+1,51	538	—332	420	610	...	...	SO. 2	0,71	7,1	+ 1,4	142
30	724.77	— 3,08	+ 4,27	+4,55	+ 1,3	+13,0	5,59	+1,56	933	+ 63	760	980	26,7	12	S. 1	1,00	6,8	+ 1,2	145
31	727,02	— 0,85	+ 3,18	+3,50	— 0,3	+ 7,0	4,77	+0,74	842	— 28	680	990	...	...	N. 1	0,48	6,9	+ 1,3	150

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,61	729,14	729,76	729,32	728,82	728,85	728,98	729,37	729,40
2e »	726,71	726,83	727,06	726,55	725,71	726,02	726,03	726,09	726,08
3e »	721,60	722,24	722,87	722,05	721,37	721,43	721,71	722,10	722,37
Mois	725,51	725,94	726,44	725,85	725,17	725,30	725,45	725,74	725,83
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 6,88	+ 6,95	+ 8,18	+ 8,73	+ 9,13	+ 8,51	+ 7,30	+ 6,82	+ 6,71
2e »	+ 4,36	+ 4,28	+ 6,05	+ 7,40	+ 7,86	+ 6,96	+ 6,43	+ 5,56	+ 5,27
3e »	+ 7,11	+ 7,20	+ 8,36	+ 9,40	+ 9,63	+ 8,76	+ 7,24	+ 7,18	+ 6,80
Mois	+ 6,15	+ 6,18	+ 7,56	+ 8,54	+ 8,90	+ 8,10	+ 7,00	+ 6,54	+ 6,28
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	6,05	6,11	6,39	6,69	6,71	6,66	6,54	6,35	6,50
2e »	5,92	5,76	6,06	6,25	6,05	6,04	5,85	5,92	5,65
3e »	5,90	5,73	5,49	5,63	5,40	5,38	5,82	5,62	5,71
Mois	5,95	5,86	5,96	6,17	6,03	6,00	6,06	5,95	5,94
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	821	821	793	794	772	797	829	853	862
2e »	939	919	865	825	779	813	823	878	859
3e »	773	746	670	650	607	647	755	740	778
Mois	842	826	773	753	716	749	801	821	831

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 4,76	+10,36	0,87	8,40	11,6	100,7
2e »	+ 2,74	+ 8,91	0,86	8,10	46,2	109,9
3e »	+ 4,17	+11,73	0,80	7,42	97,5	134,6
Mois	+ 3,90	+10,38	0,84	7,97	155,3	115,7

Dans ce mois, l'air a été calme 3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,16 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 31°,8 O., et son intensité est égale à 70,8 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1868.

Le 8,	brouillard le matin de 8 h. à 10 h. et depuis 8 h. du soir.	
	La neige tombée dans la nuit du 8 au 9 a été emportée en partie.	
9,	brouillard tout le jour.	
11,	id.	depuis 4 heures du soir.
12,	id.	à 6 h. du matin et à 10 h. du soir.
13,	id.	jusqu'à 8 h. du soir.
14,	id.	la plus grande partie de la journée.
15,	id.	jusqu'à 8 h. du soir.
16,	id.	une partie de la journée.
17,	id.	jusqu'à 2 h. de l'après-midi.
18,	id.	depuis 2 h. de l'après-midi.
19,	id.	tout le jour.
20,	id.	une partie de la journée.
21,	id.	id.
22,	id.	tout le jour.
23, 24, 25,	id.	le matin.
29,	id.	depuis 6 h. du soir.
30 et 31,	id.	toute la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1 à 8 h. matin	561,17
Le 6 à 10 h. soir	570,22		
		9 à 6 h. matin	562,05
10 à midi	569,26		
		13 à 4 h. ap. midi	562,63
15 à 10 h. matin	566,03		
		16 à 8 h. soir	562,23
17 à 6 h. soir	564,99		
		20 à 10 h. soir	556,50
21 à 10 h. soir............	562,93		
		23 à 4 h. ap. midi	552,76
29 à 10 h. matin	563,41		
		31 à 2 h. ap. midi	559,34

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1868.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	561,76	— 0,19	561,17	562,53	— 5,44	+ 1,28	— 6,4	— 4,2	.....	.....	......	SO. 1	0,00
2	562,92	+ 0,99	562,51	563,31	— 4,50	+ 2,30	— 6,2	— 2,4	.....	.....	......	SO. 1	0,11
3	563,39	+ 1,48	562,59	564,43	— 6,26	+ 0,62	— 7,6	— 4,6	.....	.....	......	SO. 1	0,57
4	566,18	+ 4,29	565,23	566,58	— 3,21	+ 3,75	— 4,9	— 1,2	.....	.....	......	SO. 1	0,29
5	567,74	+ 5,87	566,65	568,54	+ 0,96	+ 8,00	— 1,6	+ 2,4	.....	14,4	4	SO. 1	0,90
6	569,77	+ 7,92	568,74	570,22	+ 3,14	+10,26	+ 0,8	+ 4,8	.....	.....	......	calme	0,58
7	568,87	+ 7,05	567,82	569,85	+ 3,48	+10,69	+ 1,4	+ 5,0	.....	.....	......	variable	0,84
8	564,81	+ 3,01	564,03	566,00	— 1,26	+ 6,03	— 4,8	+ 2,8	70	6,8	7	NE. 1	0,84
9	565,11	+ 3,33	562,05	567,40	— 4,88	+ 2,49	— 5,3	— 4,2	21	3,5	4	NE. 2	1,00
10	568,76	+ 7,00	567,62	569,26	— 4,39	+ 3,05	— 6,7	— 2,0	.....	.....	......	variable	0,03
11	565,11	+ 3,37	563,44	566,77	— 6,33	+ 1,18	— 9,4	— 2,8	.....	.....	......	SO. 1	0,57
12	563,28	+ 1,56	562,81	563,71	— 2,78	+ 4,80	— 3,8	— 1,2	50	5,1	6	NE. 1	0,56
13	563,35	+ 1,65	562,63	564,36	— 5,86	+ 1,79	— 6,2	— 4,8	.....	.....	......	NE. 1	0,90
14	565,10	+ 3,42	564,38	566,02	— 6,22	+ 1,50	— 6,4	— 5,5	.....	.....	......	NE. 1	0,81
15	565,36	+ 3,70	565,15	566,03	— 4,95	+ 2,83	— 5,8	— 4,0	.....	.....	......	NE. 1	0,91
16	563,11	+ 1,47	562,23	563,68	— 4,18	+ 3,66	— 7,2	— 1,2	165	16,0	12	SO. 1	0,99
17	564,38	+ 2,75	563,25	564,99	— 8,77	— 0,87	—10,2	— 7,4	.....	.....	......	NE. 2	0,57
18	563,63	+ 2,02	562,25	564,53	— 2,98	+ 4,98	— 4,5	— 0,4	.....	.....	......	calme	0,84
19	559,79	— 1,80	559,64	559,96	— 6,73	+ 1,29	— 9,0	— 4,6	70	7,0	8	NE. 2	1,00
20	557,40	— 4,17	556,50	559,23	— 8,58	— 0,50	—10,4	— 5,8	30	2,4	3	SO. 1	0,88
21	561,32	— 0,24	558,14	562,93	— 1,73	+ 6,40	— 4,5	+ 0,4	200	15,7	10	NE. 1	0,92
22	560,82	— 0,73	558,34	562,79	+ 1,92	+10,10	+ 0,8	+ 3,8	50	14,9	8	SO. 2	0,92
23	553,45	— 8,08	552,76	554,63	— 5,46	+ 2,77	— 6,8	— 3,4	182	17,2	10	SO. 1	0,91
24	554,78	— 6,73	554,25	555,23	— 4,42	+ 3,86	— 7,3	— 3,1	420	31,9	24	SO. 1	1,00
25	555,08	— 6,41	554,07	556,04	— 6,92	+ 1,41	— 9,0	— 4,2	88	13,0	8	SO. 1	0,52
26	559,43	— 2,04	558,14	560,35	— 9,99	— 1,62	—11,5	— 7,7	.....	.....	......	SO. 1	0,12
27	559,82	— 1,64	559,41	560,64	— 5,08	+ 3,33	— 8,5	— 2,0	110	6,8	5	SO. 1	0,78
28	561,78	+ 0,34	561,28	562,45	— 3,34	+ 5,11	— 4,7	— 1,7	215	10,8	10	SO. 1	0,76
29	562,22	+ 0,80	561,62	563,41	— 4,07	+ 4,42	— 6,3	— 2,0	.....	.....	......	SO. 1	0,54
30	560,62	— 0,78	560,23	561,21	— 5,36	+ 3,17	— 5,5	— 4,8	.....	.....	......	SO. 1	1,00
31	559,91	— 1,47	559,34	560,63	— 9,12	— 0,55	—11,1	— 7,2	175	17,4	9	NE. 2	0,99

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1868.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	565,21	565,58	566,09	566,10	565,98	566,06	566,16	566,23	566,37
2e »	563,18	563,22	563,57	563,40	563,22	562,90	562,87	562,78	562,71
3e »	558,81	559,07	559,35	559,17	558,95	559,00	559,06	559,04	559,12
Mois	562,28	562,51	562,89	562,77	562,60	562,53	562,58	562,56	562,62
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 2,88	— 2,63	— 1,73	— 0,77	— 1,25	— 2,19	— 2,02	— 2,56	— 2,85
2e »	— 5,30	— 5,25	— 4,50	— 4,40	— 4,81	— 6,08	— 6,41	— 6,68	— 6,97
3e »	— 5,16	— 4,98	— 4,24	— 3,97	— 3,86	— 4,62	— 5,39	— 5,25	— 5,10
Mois	— 4,47	— 4,31	— 3,51	— 3,08	— 3,33	— 4,31	— 4,63	— 4,85	— 4,98

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 4,13	— 0,36	0,52	24,7	91
2e »	— 7,29	— 3,77	0,80	30,5	315
3e »	— 6,76	— 2,90	0,77	127,7	1440
Mois	— 6,08	— 2,36	0,70	182,9	1846

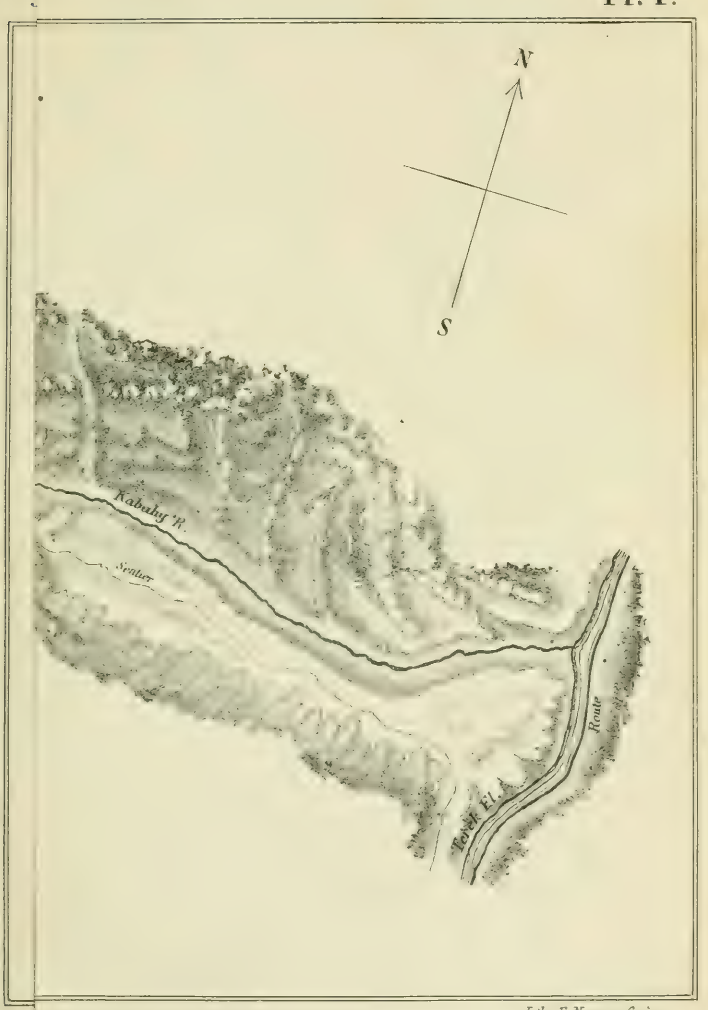
Dans ce mois, l'air a été calme 27 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,99 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 0,36 sur 100.

* Voir la note du tableau.

Pl. I.



Lith. F. Noverraz, Genève.



Lith. F. Noverraz, Genève

SUR

LA GÉOLOGIE CHIMIQUE[1]

Par M. D. FORBES

(*Journal of the Chemical Society*. June 1868.)

La géologie chimique est un sujet si vaste et si important qu'il est évidemment impossible, dans une seule lecture, de faire une exposition complète de principes qui sont à la base de cette partie de la science, et, encore moins, d'entrer dans des détails. Ce soir, cependant, je me propose, après quelques remarques préliminaires sur les principes qui m'ont guidé dans mes investigations, d'entreprendre une courte esquisse de la géologie chimique de l'ère cosmogénétique de notre globe, et ensuite d'essayer de vous présenter l'explication de quelques-uns des phénomènes liés aux grandes révolutions du globe, depuis cette époque primitive jusqu'à nos jours, laps de temps pendant lequel l'action chimique a joué un rôle si important.

L'histoire des sciences naturelles montre pleinement combien leurs adeptes se sont souvent laissé influencer par des idées préconçues, ce qui les a conduits à attribuer à quelque cause favorite des effets qui, comme cela a été démontré plus tard, étaient le résultat de plusieurs causes combinées.

On peut attribuer à cette tendance la formation des deux écoles opposées de géologie : l'école plutonienne et

[1] Traduction d'une *Lecture* faite devant la Société chimique de Londres.

l'école neptunienne. Cependant il faut remarquer en même temps que cela arrivait à une époque où la science expérimentale était encore au berceau.

Les progrès rapides faits dans toutes les sciences naturelles ont maintenant démontré par l'accumulation de faits nombreux, et par l'explication des lois qui les régissent, combien il est difficile, sinon impossible, dans l'étude de la nature, de trancher aucune ligne de démarcation à l'endroit où une cause cesse et où une autre commence à agir.

Des connaissances plus étendues et plus exactes montrent que le feu et l'eau ne sont pas les seuls grands agents des révolutions qu'a subies et que subit encore notre globe, mais que, pour arriver à des conclusions judicieuses, les géologues doivent prendre en sérieuse considération les effets variés produits par l'action chimique, la chaleur, la lumière, l'électricité et la force mécanique.

L'étude de la corrélation des forces, quoique encore dans l'enfance, promet de grands résultats en faveur de l'explication des phénomènes géologiques. Il est maintenant pleinement démontré que la force mécanique peut, sinon directement, au moins indirectement, se changer en action chimique; dès lors, quand on considère les phénomènes de la nature, il faut se garder de croire que les forces mécaniques ne peuvent produire que des résultats simplement mécaniques.

Tous les géologues admettent la grande part que la force mécanique a prise dans les changements de la configuration physique de notre globe; par exemple, dans la compression, le soulèvement et la consolidation des couches, dans l'élévation, la dépression et la dislocation

d'énormes masses rocheuses, effets qui ont caractérisé et caractérisent encore l'histoire de la terre ; et comme il est avéré que le déploiement de la force mécanique est suivi d'un développement correspondant de chaleur, lequel peut, à son tour, donner naissance à une somme proportionnée d'action chimique, il devient d'un grand intérêt de savoir jusqu'à quel point une telle conversion de force mécanique en force chimique peut avoir agi dans l'altération des masses rocheuses.

L'expérience familière de produire de la lumière au moyen du silex et de l'acier, est un excellent exemple de la transformation de la force mécanique en chaleur, accompagnée du développement de l'action chimique ; car l'énergie mécanique a pour effet d'échauffer les minces particules de métal détachées de l'acier à un degré suffisant pour qu'elles puissent se combiner avec l'oxygène de l'air ; la chaleur produite étant assez intense pour fondre le produit en petits globules d'oxyde magnétique de fer, comme on peut s'en assurer en recueillant les étincelles sur une feuille de papier et en les examinant au microscope.

Tout en tenant compte de l'importance de l'étude de ce sujet, le géologue non versé dans la chimie, doit se garder de trop attribuer à un tel agent, surtout quand il examine ce qui paraît à ses yeux être la transition (ou la transmutation) d'une roche dans une autre ; car avant d'accepter une telle conclusion, le chimiste réclamera la preuve que les éléments requis pour la formation de l'une des roches se trouvent bien dans l'autre, ou sinon, qu'il y a un moyen rationnel d'expliquer comment le déficit d'un des constituants a pu être comblé, ou un excès enlevé. Il n'est pas improbable que l'étude de l'électricité

(et du magnétisme) dans ses relations avec la géologie puisse éclaircir quelques points obscurs, mais il y a encore peu de chose de fait dans cette direction, et je dois dire qu'un examen de ce qui a été écrit sur l'application de l'électricité pour expliquer la formation des filons métallifères, donne à croire que, dans plusieurs cas, l'effet a été pris pour la cause, et que l'électricité que l'on supposait avoir amené certains changements chimiques, peut, en réalité, avoir été le résultat de ces mêmes changements et non leur cause.

Après avoir ainsi insisté sur ce que l'investigateur en géologie chimique doit de toute nécessité appeler à son aide la connaissance des branches collatérales des sciences naturelles, je puis établir maintenant, qu'en me présentant ce soir devant la Société, je ne viens pas en partisan de telle ou telle école géologique, neptunienne, plutonique, « *quiescent* » ou cataclysmique, mais comme un observateur indépendant qui croit que les principes sur lesquels toutes ces écoles ont été fondées ont eu chacun une part dans les opérations de la nature et qu'ils doivent, par conséquent, être pris en égale considération, et qui admet en outre que la plupart, sinon tous les phénomènes de la nature ont été effectués par plus de forces, et qu'un même phénomène peut, à une époque, être le résultat d'agents totalement différents de ceux qui, dans un autre temps, peuvent lui avoir donné naissance.

L'étude de la minéralogie, qui est l'alphabet de la pétrologie, démontre que plusieurs espèces minérales, et parmi elles quelques-uns des constituants les plus communs des roches, peuvent avoir été formées à différentes fois par des procédés tout à fait différents. Ainsi, nous avons la silice cristallisée ou quartz, se rencontrant dans la nature :

Comme un produit igné dans des laves volcaniques récentes.

Comme un produit aqueux, déposé et cristallisé dans une dissolution.

Comme un produit gazolytique par la décomposition du fluorure de silicium.

Le soufre a été trouvé aussi :

Comme produit igné dans les volcans.

Comme produit d'origine aqueuse, soit dans les sources chaudes, soit comme provenant de la décomposition des sulfures.

Comme produit gazolytique dans les fumerolles.

Etc., etc.

Les recherches expérimentales sur la formation artificielle des minéraux montrent bien aussi que le même corps peut être obtenu artificiellement par des procédés très-différents et souvent très-opposés. Il suffit de citer la silice, le soufre, le carbone, le feldspath, les zéolithes, etc. On ne saurait donc trop se garder d'attribuer la formation des minéraux ou celle des roches dans lesquelles on les rencontre, à une cause quelconque à l'excluson d'autres agents.

Avant d'aller plus loin, il convient, pour prévenir tout malentendu, de préciser le sens attaché à certains termes de géologie qui reviendront souvent dans la suite de ces pages ; parmi ces termes, ceux de *igné, aqueux* et *gazolytique* sont de la plus grande importance.

Action ignée en géologie est l'équivalent de *action volcanique,* et signifie l'action de la chaleur comme elle se manifeste dans les volcans actifs de l'époque actuelle ; l'étude de cette action a conduit à la fondation de l'école plutonique ou ignée.

Ce n'est pas une simple fusion sèche comme on l'a dit quelquefois, et comme il s'en produit dans le creuset où le chimiste fond des substances anhydres, mais une fusion dans laquelle l'action de la chaleur est invariablement accompagnée de celle de vapeurs et de gaz ; et quiconque a jamais eu l'occasion de voir un volcan en éruption peut dire quels volumes énormes de gaz et de vapeurs sont émis, qui, si on pouvait les mesurer ou les peser, représenteraient une fraction notable de la masse totale de matières expulsées par l'éruption.

Action aqueuse. L'action de l'eau ordinaire ou salée, telle que nous sommes accoutumés à l'observer à la surface de la terre, ne réside pas seulement dans le pouvoir dissolvant de l'eau pure, utilisé par les chimistes dans leurs laboratoires, mais c'est l'action d'une eau dont les propriétés sont modifiées par l'air, les gaz, les sels, etc. qu'elle renferme et par les variations de la température.

Action gazolytique. — L'action des gaz et des vapeurs aidée plus ou moins par la chaleur.

Tous ces agents peuvent être modifiés par les effets de l'action chimique et de la force mécanique ; mais comme dans tous ces cas, l'action de la chaleur, de l'eau et des gaz joue un rôle plus ou moins grand, il ne peut guère être possible de confondre ou de méconnaître la signification, de ces trois termes ; dans les phénomènes ignés ou volcaniques, nous voyons que, quoique les effets de la chaleur prédominent, la présence de vapeurs et de gaz exerce une influence très-importante en modifiant les résultats ; dans ce cas l'eau est présente sous la forme de vapeur, bien qu'il soit possible, pourtant, qu'une petite quantité de ce corps à l'état liquide, soit emprisonnée dans les roches fondues sous une pression énorme.

Dans les phénomènes dus à l'action aqueuse, d'autre part, l'eau qui agit en tant que liquide est l'agent principal, mais cependant sa température, les effets de l'air, des gaz, des constituants solides, doivent être pris en sérieuse considération, puisque souvent ils peuvent affecter les résultats d'une manière très-appréciable.

En essayant, maintenant, d'appliquer les principes de la chimie à l'explication des changements que notre globe a subis, il semble plus convenable et plus systématique de commencer à un moment de son histoire aussi reculé que le permet l'évidence fournie par les sciences astronomique et physique, et de ce point suivre pas à pas les diverses phases par lesquelles il a dû passer. Comme, cependant, les premières données d'une telle chronique chimico-géologique ne peuvent nécessairement être que très-hypothétiques pour nous, il est important dès l'abord de les prendre pour ce qu'elles sont, et d'en accepter le moins possible comme faits bien établis. La seule base sur laquelle soit fondée l'histoire des premières périodes de la vie de notre globe, c'est la conclusion à laquelle sont arrivés les astronomes, que notre terre a été dans un certain temps à une température si élevée que sa masse entière était à l'état liquide.

D'autres observateurs sont allés plus loin encore, et ont admis que la totalité de ses constituants ont été d'abord sous forme de gaz, en sorte que notre planète ressemblait alors à une nébuleuse dans l'espace. Et ces observateurs trouvent un appui à leur manière de voir dans les découvertes récentes dues au spectroscope ; il est aussi des physiciens qui ont conjecturé que les éléments chimiques formant une telle nébuleuse devaient être à l'état de dissociation ou d'indifférence chimique les uns

par rapport aux autres, jusqu'à ce qu'un abaissement de température ait permis les combinaisons et la condensation d'avoir lieu.

Sans disputer sur la possibilité ou la probabilité de ces vues, je crois que dans l'état actuel de nos connaissances, il serait imprudent de les adopter; car nous savons trop peu de choses, soit sur les effets d'une température portée à un si haut degré, soit sur l'état de dissociation ou d'indifférence chimique des gaz échauffés, pour accorder quelque confiance à des conclusions basées sur des données aussi imparfaites.

Les chimistes trouveront sans doute qu'il n'est que juste d'admettre que les éléments qui formaient le monde à cette époque étaient les mêmes et possédaient les mêmes propriétés que ceux que nous connaissons à présent, car cela coupe court à tous raisonnements sur ce sujet auxquels il faudrait avoir recours dans le cas contraire, car même la supposition que l'intérieur de la terre (dont nous ignorons et ignorerons toujours la vraie nature) soit composé d'éléments à nous inconnus, annihilerait d'un seul coup tous nos calculs et nos déductions.

Maintenant étant donné à considérer un monde chauffé d'une manière intense, il faudrait en premier lieu supposer qu'il est composé de corps à deux états différents solides et gazeux; lesquels par leur situation et leur rotation détermineraient la formation d'une sphère en fusion des corps les plus réfractaires, enveloppée par une atmosphère gazeuse des substances les plus volatiles portées à une très-haute température.

En considérant la distribution des éléments chimiques dans cette sphère et cette atmosphère, nous devons être guidés par la connaissance que nous avons des effets d'une

chaleur intense sur les corps simples et leurs composés; et il découle naturellement que de cette connaissance que les corps les plus volatils demeureront plus longtemps dans l'atmosphère que ceux qui sont plus fixes, ces derniers se condensant les premiers dans la sphère. Il faut rappeler aussi que l'on trouvera dans cette atmosphère non-seulement les corps qui sont gazeux à la température ordinaire, mais en outre plusieurs autres, tels que les vapeurs de divers métaux, etc., etc., qui n'affectent cette forme que sous l'influence d'une forte chaleur.

L'affinité des corps les uns pour les autres doit aussi sans doute être très-différente à cette température, et l'on peut s'attendre à ce que leurs réactions mutuelles soient tout autres que celles qui interviennent aux degrés ordinaires, et il y a lieu de regretter que les modifications apportées par la chaleur à l'affinité chimique soient encore si imparfaitement connues, quoique leur existence soit hors de doute: nous savons par exemple que le sodium décompose l'acide carbonique, à une température relativement basse, tandis que, à une température beaucoup plus élevée, le carbone détermine la décomposition de la soude; de même le fer décompose l'eau au rouge, tandis que l'hydrogène réduit l'oxyde de fer à une température voisine de celle-ci.

Dans de telles circonstances, il est évident qu'une grande latitude est laissée aux chimistes pour expliquer les réactions que l'on peut supposer avoir caractérisé l'époque de l'histoire du globe, dont nous parlons. Et il serait actuellement impossible d'avancer des preuves expérimentales suffisantes pour prouver ou pour renverser les diverses opinions qui peuvent se faire jour sur ce point.

Cependant, je donnerai ici un aperçu sommaire des principales conclusions auxquelles m'a conduit l'examen de ce sujet, et ensuite j'aborderai les arguments que l'on peut avancer pour ou contre leur adoption.

Supposant la grande bataille des combinaisons chimiques terminées, et les composés chimiques alors formés demeurant tels quels pendant un armistice de neutralisation, tandis qu'en même temps le monde entier continuerait à être dans un état de vive incandescence, je me suis hasardé à imaginer l'état des choses suivant, pour ce moment-là :

Dans la sphère fondue et dans l'atmosphère qui l'entourait, la première impulsion des composés formés a dû être d'obéir aux lois de la pesanteur, et de s'arranger ainsi en couches ou zones d'après l'ordre de leurs densités respectives; je ferai observer ici que ces séparations doivent être regardées seulement comme approximatives, à cause des mélanges plus ou moins de substances d'une zone avec celles d'une autre, par suite de diffusion ou d'empêtrement physique.

On peut imaginer que la sphère était formée de trois zones (subdivisibles elles-mêmes en sous-zones), à peu près comme suit :

Une croûte extérieure de silicates fortement acides, très-probablement avec beaucoup de quartz libre, les bases de ces silicates étant principalement l'alumine et la potasse avec de moindres quantités de soude, de chaux et de magnésie, etc. Au-dessous de celle-ci, une seconde zone de silicates, plus basiques cette fois et d'une densité plus grande, les bases étant la chaux, la magnésie, l'alumine, l'oxyde de fer, la soude, avec de faibles proportions de potasse, etc. ; et encore plus profondément, un

noyau ou sphère beaucoup plus dense contenant la plupart des éléments métalliques plus denses, combinés en partie au moins avec le soufre, l'arsenic, etc.

Tandis que les zones formées dans la terre sont considérées comme ayant eu un caractère de stabilité ou de permanence, celles qui ont dû prendre naissance dans l'atmosphère, présentaient une image différente, car à peine les produits gazéiformes qui les constituaient avaient-ils obéi à la pesanteur que l'effet contraire des lois de la diffusion des gaz se faisait sentir, et dérangeait ainsi avec le temps, l'arrangement par couches de plus en plus légères.

Dans l'origine, cependant, l'atmosphère voisine du sol aurait été formée des vapeurs lourdes des composés qui ne sont volatils qu'à une température élevée, parmi lesquelles prédominait probablement la vapeur de chlorure de sodium. Au-dessus de cette couche se rencontraient l'acide carbonique, puis l'oxygène et l'azote et enfin la vapeur d'eau qui devait occuper les régions supérieures. Comme je l'ai déjà dit, la diffusion aura graduellement mis fin à cet arrangement; mais comme le temps est un élément capital quand on considère les phénomènes de diffusion, il est à présumer que, avant sa destruction, cet arrangement aura pu avoir quelque influence sur les réactions chimiques de cette période de l'histoire de notre terre.

L'effet du refroidissement d'une telle atmosphère dut être, en premier lieu, de condenser la vapeur de sel et d'autres chlorures, etc., sur la croûte déjà solidifiée de la terre, la recouvrant d'une couche de ces substances à l'état solide ; le chlorure de sodium ayant été assez abondant pour recouvrir, comme on l'a calculé, la

sphère tout entière d'un manteau de dix pieds d'épaisseur.

Un nouvel abaissement de température eut pour conséquence la condensation de la vapeur d'eau, laquelle tombant en pluie sur cette masse saline dut la dissoudre en grande partie et donner ainsi naissance à un océan qui fut salé dès les premiers instants de sa formation. L'atmosphère contenait à ce moment-là beaucoup moins d'oxygène, et tout le carbone à l'état d'acide carbonique (excepté la proportion de ce dernier entraîné par la pluie), mais, d'autre part, sa composition devait être peu différente de ce qu'elle est à présent.

Regardant ce qui précède comme une simple esquisse, exacte dans son ensemble, je ferai observer cependant qu'il serait absurde d'essayer de définir avec quelque précision, l'action exacte et l'étendue des réactions, ou d'insister sur ce que la totalité d'un élément serait entrée dans un état particulier de combinaison, à l'exclusion de toute autre réaction, etc. Ma pensée sera mieux expliquée par un exemple expérimental : si nous versons tout d'un coup un peu d'acide sulfurique dans une dissolution contenant à la fois de la chaux et de la baryte, le précipité qui se formera tout d'abord ne consistera pas en sulfate de baryte pur, mais en un mélange indéfini de sulfate de chaux et de sulfate de baryte; car l'acide s'empare des terres les plus rapprochées de lui au premier instant, et avant qu'il ait eu le temps d'obéir à son affinité plus grande pour la baryte, il est neutralisé et entraîné à l'état de sel mixte. Je vais maintenant passer en revue les arguments mis en avant contre cette manière de voir.

Et d'abord, on prétend que le chlore, au lieu de se combiner avec le sodium, ainsi que je le suppose, se serait préférablement uni avec l'hydrogène et aurait fait partie

de l'atmosphère, à l'état d'acide chlorhydrique. Croyant que l'hydrogène s'est combiné avec l'oxygène, j'admets par là que l'affinité du sodium pour le chlore est plus forte que celle de l'hydrogène, puisque le sodium, à froid tout comme à chaud, décompose l'acide chlorhydrique, tandis que, au contraire, l'hydrogène n'affecte, à aucune température, le chlorure de sodium.

On a aussi avancé que le sodium s'est réellement combiné avec l'oxygène, et que la soude s'est convertie en silicate, par les réactions mutuelles de la vapeur d'eau, du sodium et de la silice. Dans cette explication on fait intervenir des réactions secondaires au lieu de s'en tenir aux réactions primaires qui sont supposées être spécialement caractéristiques de cette phase de l'histoire de la terre. Il faut se souvenir aussi que le carbone réduit la soude à une haute température, et que la volatilité du sodium l'a amené en contact avec le chlore dans l'atmosphère, tandis que la silice demeurait au-dessous, dans la masse terrestre, sous la forme solide à cette température. J'admets cependant qu'une portion du sodium était combinée avec l'oxygène, et a passé ensuite à l'état de silicate.

Contre ma supposition que le soufre devait être uni surtout avec les métaux lourds, et que les sulfures traversèrent la zone externe de silicates, encore fluide, pour être préservés ainsi de toute oxydation, on a objecté que le soufre devait exister à l'état d'acide sulfureux, dans l'atmosphère. C'est ici le lieu de rappeler, cependant, que cette réaction eut lieu en présence d'une grande quantité d'hydrogène, de carbone, de silicium, de phosphore, etc., outre les métaux alcalins et terreux, tout prêts à s'emparer de l'oxygène et capables de décomposer l'acide sulfureux s'il s'en était produit.

L'acide sulfureux est décomposé par les autres métaux à une température élevée, en donnant des oxydes et des sulfures de ces métaux, comme aussi par le charbon avec séparation de soufre. En outre il ne faut pas oublier que l'atmosphère contenait alors en abondance de l'acide carbonique et de l'azote qui l'un et l'autre agissaient comme un bouclier contre l'oxydation, et atténuaient si elles ne l'empêchaient l'action trop énergique de l'oxygène.

J'ai été conduit par les raisons suivantes à considérer le noyau central de la terre comme renfermant une vaste accumulation des métaux denses et de leurs composés.

Le poids spécifique moyen de la terre est égal à 5,4 environ, et en laissant l'eau de côté, la densité moyenne de la croûte extérieure solide ne peut être évaluée au-dessus de 2,75; il s'en suit que les régions internes doivent posséder une densité beaucoup plus grande que celles qui avoisinent la surface.

Ce fait a été expliqué par la supposition que l'accroissement de la densité en allant au centre, est dû entièrement à la pression croissante, mais l'expérience ne semble pas confirmer cette conclusion qui exigerait que les roches mêmes les plus solides et les plus compactes de la surface fussent réduites, si on les trouvait au centre de la terre, à une simple fraction de leur volume; car pour autant que les recherches expérimentales nous l'ont appris, les corps, passé un certain point, atteignent un maximum de densité ou bien la condensation se fait suivant un coefficient qui décroît avec l'augmentation de pression; ce qui montre la nécessité de rechercher ailleurs que dans des effets de pression, l'explication de l'accroissement de densité de l'intérieur du globe.

Un simple calcul montrera que si nous adoptons les

nombres 5,44 et 2,75 pour les densités respectives de la terre et de sa croûte extérieure, et si nous imaginons trois zones concentriques d'égale épaisseur dont les densités croissent suivant une progression arithmétique, le poids spécifique de l'enveloppe extérieure serait 2,75, celui de la zone intermédiaire 10,82 et celui du noyau central 18,89; et si au lieu de trois zones nous en imaginons un plus grand nombre, le calcul montrera que la gravité spécifique du noyau doit être plus élevée encore.

Sachant, cependant, qu'un petit nombre seulement des éléments métalliques possèdent une densité égale à celle du noyau ou de la zone intermédiaire que nous venons de calculer, j'en infère que non-seulement la densité de ces corps doit être fortement augmentée par la pression, mais encore qu'il doit y avoir une grande accumulation des corps les plus denses, les métaux et leurs composés, pour expliquer le poids spécifique moyen si élevé de la terre.

La composition chimique et minéralogique de la surface primitive de la terre, immédiatement après sa solidification, sera toujours une question ouverte pour la chimie géologique; car nous ne devons ni ne pouvons espérer rencontrer nulle part dans le monde quelque portion de cette surface, si nous refléchissons aux grands changements qu'elle a subis durant une suite innombrable de siècles et à la masse énorme de *débris* qui résultent directement ou indirectement de ses dislocations, et ont été ensuite répandus de toutes parts par des agents mécaniques.

Les conjectures que je me suis hasardé à faire sur la nature probable de la première croûte terrestre sont basées sur l'étude de la composition chimique et miné-

ralogique des roches qui, dans l'état actuel de la science, sont reconnues comme étant les plus anciennes ; et comme le quartz entre pour une forte proportion dans leur constitution, j'en infère qu'il provenait des *débris* de la croûte primitive.

Il est nécessaire maintenant que j'examine quelques arguments qui ont été mis en avant contre la manière de voir que je viens de développer.

En premier lieu, nous avons l'assertion que la composition de la croûte primitive excluait la présence de silice libre. On pourrait tout aussi bien prétendre que la composition de la fonte ne permet pas d'admettre qu'il s'y trouve du carbone libre. La cristallisation du quartz dans un bain de silicates fortement acides, en fusion, est-elle plus difficile à admettre que celle du graphite que la fonte abandonne quand elle se solidifie ?

Mais nous avons outre les analogies, une preuve expérimentale de la possibilité du fait que j'avance ; car il est bien reconnu que les vraies laves volcaniques dans les deux hémisphères contiennent en abondance du quartz cristallisé, et l'étude de la structure physique et de la cristallisation de ce quartz donne une preuve complète qu'il ne peut pas avoir été simplement enveloppé à l'état de fragments, mais qu'il doit nécessairement avoir cristallisé au sein de la roche fondue.

Un argument basé sur l'étude de la densité du quartz, a été mis en avant ces dernières années pour prouver que les roches contenant du quartz ne peuvent avoir une origine ignée.

La densité de la silice cristallisée dans le système hexagonal soit du quartz d'origine manifestement aqueuse, est 2,6, et celle du quartz des granits est la même.

D'autre part, la silice fondue au chalumeau en un verre amorphe ne pèse plus que 2,2.

Sur ce peu de faits on a basé l'opinion que le quartz ne peut pas avoir été formé par voie ignée, mais qu'il doit être invariablement un produit d'origine aqueuse.

Examinons impartialement la valeur de cette conclusion, car elle est d'une importance capitale dans l'étude de la chimie géologique.

En premier lieu, nous voyons que le verre amorphe, transparent, résultant de la fusion au chalumeau de la silice cristallisée ou non, n'est pas considéré par les minéralogistes comme étant du quartz, car il n'en possède ni les caractères cristallographiques, ni les propriétés physiques, ni les réactions chimiques.

Les chimistes nous montrent que les réactions chimiques de ce verre sont totalement différentes sur plusieurs points importants, de celles du quartz; et ils seraient disposés à en inférer plutôt le dimorphisme de l'acide silicique.

D'autres recherches nous apprennent en outre que la densité moindre, les propriétés physiques et chimiques de ce produit vitrifié ne sont pas particulières seulement à la silice fondue au chalumeau mais qu'elles se retrouvent dans d'autres variétés de silice naturelle ou artificielle, dont l'origine ne peut être attribuée au feu, comme par exemple la silice provenant de la décomposition du fluorure de silicium; plusieurs variétés de silice déposée dans l'eau, celle des carapaces d'infusoires, etc.; faits qui, s'ils ne sont pas considérés comme concluants pour l'invalider complétement, doivent au moins donner de grands doutes sur la solidité d'un argument fondé d'une manière aussi légère[1].

[1] Comparez le mémoire de M. Rose *sur les différents états de l'acide*

Il semblait étrange, cependant, que vu la grande importance attachée à cet argument si peu concluant, la simple vérification de son exactitude n'ait pas été faite en déterminant la densité de quelques cristaux de quartz pris dans de véritables laves volcaniques, sur lesquels il ne pût y avoir aucun doute quant à leur origine; n'ayant pas trouvé que cette épreuve ait été faite par d'autres observateurs, je l'ai entreprise moi-même, avec les résultats les plus concluants pour la densité de cristaux de quartz détachés de quelques trachytes volcaniques d'Europe et d'Amérique, densité qui s'est trouvée égale à 2,6, c'est-à-dire à celle du quartz des granits ou des roches sédimentaires.

Ce résultat était déjà admis d'une manière anticipée par les minéralogistes, qui regardent comme quartz, toute silice cristallisée dans le système hexagonal, que son origine soit aqueuse, ignée ou gazolytique.

Ayant ainsi traité avec quelques détails des réactions chimiques que je suppose avoir caractérisé ce que l'on pourrait appeler l'ère cosmogénétique de l'histoire de notre globe, je consacrerai quelques mots à la considération de la structure physique et de la configuration de la terre à cette époque.

J'admets que, par le refroidissement, la sphère en fusion a produit un globe en majeure partie solide, mais contenant dans son intérieur un ou plusieurs vastes réservoirs de matières ignées encore fluides, que l'on suppose exister aussi actuellement quoique leurs dimensions et la

silicique, traduit dans ces *Archives*, tome VI (1859). L'hypothèse de la formation aqueuse du granit s'y trouve développée assez au long, et l'auteur montre qu'elle s'appuye sur tout un ensemble de faits difficiles à concilier avec la supposition d'une action plutonique. (*Trad.*)

nature de leur contenu ait varié d'une manière considérable par la suite des temps.

Cela étant, il m'est indifférent que l'on imagine que la solidification de la terre a eu lieu à partir du centre ou de la surface; je suis disposé à croire cependant que même si la terre a dû, comme cela est probable, se solidifier d'abord au centre, à cause de la pression, longtemps avant que cette solidification ait pu atteindre la surface, une croûte a pu se former à l'extérieur sous l'influence du refroidissement, et qu'il a pu y avoir à un moment donné un noyau solide et une croûte séparés l'un de l'autre par des matières ignées, fondues.

On a objecté, il est vrai, qu'une telle croûte superficielle ne pouvait prendre naissance, car elle aurait été plus dense que la matière liquide qui l'aurait produite et se serait ainsi enfoncée vers le centre.

On admet que les silicates quand ils sont solides et froids ont une densité plus forte qu'à l'état fondu; mais comme cette croûte se serait formée de toutes parts simultanément, elle aurait constitué une sphère fermée capable de se soutenir par l'appui mutuel de toutes ses parties.

Les résultats d'expériences faites sur des corps qui se contractent par le refroidissement, montrent que l'effet de la chaleur, dans la plupart sinon dans tous les cas, est de dilater d'abord la substance froide, jusque vers son point de fusion, puis de la contracter de nouveau par le changement d'état; ainsi la substance solide tout en étant réellement plus dense à une basse température qu'à l'état liquide, est en fait plus légère quand la chaleur l'a dilatée comme il vient d'être dit, et peut flotter à la surface de la portion fondue comme la glace sur l'eau.

Cette déduction permet de comprendre la possibilité

d'une croûte solide extérieure, ne tombant pas vers le centre du globe.

Quant à l'extension de cette croûte sur toute la terre, on peut supposer que la surface de la sphère présentait au premier moment des contours sensiblement unis; cette uniformité cependant fut bientôt détruite par des crevasses et des fissures produites par la contraction de la masse à la suite d'un refroidissement croissant; l'effondrement de quelques portions de la croûte ainsi brisée peut avoir amené des irruptions du liquide sous-jacent et déterminé la formation de *dykes*. Les bords de ces crevasses et de ces fissures furent aussi fréquemment disloqués, et formèrent les premières élévations ou montagnes du globe, lesquelles en dirigeant l'action des eaux déterminèrent dans une grande mesure les traits généraux de la géographie physique de cette époque.

Nous avons fini, maintenant, ce qui pourrait s'appeler le chapitre de la genèse ou de l'ère cosmogénétique de l'histoire de la terre; car je regarde tous les changements survenus depuis lors sur notre globe, comme étant les effets d'agents semblables sinon identiques à ceux qui se manifestent encore de nos jours. Les roches sédimentaires se formèrent par l'usure superficielle de la croûte sous l'action de l'eau et de l'atmosphère et les *débris* résultant de cette usure se stratifièrent au fond des rivières et des mers, comme nous voyons à présent les *débris* actuels former des couches aux dépens des roches préexistantes. Les éruptions de matières ignées représentaient, quoique peut-être sur une plus large échelle, les phénomènes volcaniques dont nous sommes témoins de nos jours.

(La suite au prochain numéro).

SUR UN

DÉVELOPPEMENT DE CHALEUR

QUI

ACCOMPAGNE L'EXPLOSION DES LARMES BATAVIQUES

PAR

M. L. DUFOUR

Professeur de Physique à l'Académie de Lausanne.

---

1. Le problème posé par les larmes bataviques et par le phénomène curieux et bien connu de leur pulvérisation n'est point encore résolu d'une façon satisfaisante. On considère généralement le verre qui forme ces larmes comme étant dans un état de tension moléculaire particulier, provenant des conditions de température dans lesquelles sa solidification a eu lieu. Ce verre est semblable, à quelques égards, à un métal trempé et il est assez probable que la différence existant entre une larme batavique et du verre ordinaire est une différence analogue à celle qui distingue un équilibre instable d'un équilibre stable.

Dans la pulvérisation d'une larme batavique, il y a une projection assez violente des particules vitreuses. Il paraît se produire une répulsion dans l'intérieur du corps, répulsion assez forte pour donner une grande vitesse aux fragments qui se séparent. Au moment de l'explosion, il y a donc un développement de force vive considérable et hors de proportion avec le faible travail mécanique qui est dépensé pour briser la pointe.

Sous ce dernier rapport, l'explosion des larmes bataviques pose un problème qui intéresse la théorie mécanique de la chaleur, et il est naturel de se demander si le travail qui accompagne cette explosion n'est pas accompagné de phénomènes calorifiques.

Au premier abord, il semble y avoir quelque analogie entre la désagrégation moléculaire et l'éloignement des particules vitreuses dans une larme qui éclate et la brusque dilatation d'un gaz qui a été comprimé dans une enveloppe. Le minime travail qui consiste à ouvrir un robinet permet un travail considérable produit par le gaz qui se dilate en soulevant une pression extérieure; tout comme le faible effort nécessaire pour briser la pointe d'une larme donne lieu à la pulvérisation et à la projection d'une assez grande masse de verre. Il y a cependant entre ces deux faits, dont je signale seulement l'analogie, trop de différences importantes pour que l'on puisse prévoir à l'avance si l'explosion des larmes bataviques s'accompagnera de phénomènes calorifiques pareils à ceux qui accompagnent l'expansion d'un gaz.

Ce problème thermo-mécanique, difficile à discuter *à priori*, m'a semblé assez important pour mériter quelques recherches, et j'ai tâché de savoir si l'explosion de ces larmes s'accompagne d'un changement de température dans la substance du verre.

Trois méthodes différentes ont été employées pour constater s'il y a une variation de température au moment de l'explosion et pour déterminer, si possible, la grandeur de cette variation.

Première méthode.

2. Afin de faire tout d'abord une simple comparaison

entre la température des larmes et celle de la poussière vitreuse qui se produit par l'explosion, j'ai employé une pile thermo-électrique reliée à un galvanomètre.

Une pile à barreaux de bismuth et d'antimoine, celle que l'on emploie pour l'étude de la chaleur rayonnante, a été pourvue de son cône de laiton puis placée dans une position telle que l'axe du cône était vertical. La grande base du cône étant en haut, les soudures bismuth-antimoine formaient la petite base ou le fond de cette sorte d'entonnoir.

L'ouverture supérieure du cône a été fermée par une feuille de caoutchouc, moyennement tendue et convenablement attachée. Une ouverture pratiquée dans cette feuille permettait d'introduire une larme batavique dans l'espace intérieur vide du cône. Cette larme était fixée à un morceau étroit et allongé de carton, afin qu'elle ne tombât pas sur les soudures de la pile ; sa pointe seule dépassait un peu la feuille de caoutchouc et la bande de carton. La pile tout entière, ainsi que la tige qui la porte et le cône métallique étaient entourés d'une couche épaisse de coton lâche, afin de préserver l'appareil des variations de la température ambiante. La pointe de la larme était elle-même noyée dans le coton ; mais sa position exacte était remarquée à l'avance, afin qu'elle pût être facilement retrouvée. La pile, enfin, pouvait être facilement reliée à un galvanomètre à aiguille astatique.

L'appareil, ainsi installé, était abandonné pendant un jour, au moins, dans un local inoccupé. On peut admettre que la température s'équilibrait dans toutes ses parties et que les deux faces de la pile, le cône de laiton et la larme batavique suspendue dans son intérieur arrivaient au même degré de chaleur. Au moment de produire l'ex-

plosion, on reliait la pile avec le galvanomètre et l'immobilité de l'aiguille était bien une preuve que les deux faces possédaient des températures égales. La pointe de la larme était alors brisée avec une pince; la larme éclatait dans le cône de laiton et la poussière vitreuse tombait sur la face supérieure de la pile.

3. Voici les résultats de quelques essais:

A. Larme de 4gr,8. Au moment de l'explosion, l'aiguille du galvanomètre dévia immédiatement vers 5° pour revenir au bout de quelques instants à 0. Le sens de la déviation correspond à une élévation de température des soudures de la pile.

B. Deux larmes pesant 7gr,7. Déviation immédiate de 9° dans le sens de la chaleur.

C. Larme de 6gr,3. Lors de l'explosion, l'aiguille parut au premier instant immobile; mais au bout d'une seconde au plus, elle se porta vers 5°, dans le sens de la chaleur.

Ces expériences, et d'autres encore, montrent toutes un réchauffement des soudures de la pile au moment où arrive la poussière vitreuse. Mais il importe de savoir si ce réchauffement, très-faible, est dû peut-être à la simple chute de la poussière de verre ou bien s'il accuse réellement une différence de température entre la larme avant l'explosion et les fragments auxquels elle a donné naissance. Voici les expériences de contrôle qui ont été faites:

4. Un cylindre de carton de 12mm de diamètre, ouvert à l'une de ses extrémités, était fermé à l'autre extrémité par une sorte de clapet, de carton également

Ce clapet pouvait être ouvert ou fermé par le moyen

d'un fil de métal qui y était attaché et qui glissait le long des parois du cylindre. Le cylindre était partiellement rempli avec de la poussière vitreuse provenant de l'explosion des larmes précédentes, puis on l'installait à travers une fente convenable de la feuille de caoutchouc. Le cylindre remplaçait ainsi la larme batavique des expériences précédentes, et le fil de métal qui commande le clapet dépassait l'enveloppe de coton. En faisant glisser ce fil, on déterminait l'ouverture du clapet et la poussière de verre, sortant du cylindre, tombait sur les soudures de la pile.

D. Cinq grammes de poussière vitreuse dans le cylindre de carton. Au moment de sa chute, l'aiguille du galvanomètre est demeurée rigoureusement immobile.

E. Second essai semblable à D avec six grammes d'une autre poussière de verre. Résultat absolument nul.

Ce n'est donc pas la simple chute des fragments de verre sur les soudures de la pile, qui a pu donner les résultats des trois premiers essais.

Au moment de l'explosion, les fragments de verre sont lancés avec force contre les parois intérieures du cône, le long desquelles ils glissent pour arriver sur la pile ; une partie même de ces fragments est projetée de haut en bas contre les soudures bismuth-antimoine. Il était intéressant de savoir si le réchauffement résultait de cette projection et du frottement qui l'accompagne plus ou moins. Divers essais ont été entrepris en plaçant chaque larme dans une sorte de chemisette de mousseline qui l'enveloppait presque entièrement. Cette chemisette empêchait toute projection contre les parois latérales du cône, et elle était disposée de manière à empêcher beaucoup, si ce n'est à éviter entièrement, la projection de

haut en bas contre la pile. La poussière vitreuse produite par l'explosion pouvait s'écouler par une fente ménagée à la partie inférieure de l'enveloppe de mousseline.

F. Larme de $4^{gr},9$ dans une enveloppe de mousseline. Même disposition d'ailleurs que précédemment. Lors de l'explosion, l'aiguille dévie immédiatement de 11°.

G. Larme de $5^{gr},3$, placée comme la précédente. Lors de l'explosion, déviation de 8°.

Les expériences précédentes rendent donc fort probable que la poussière produite par l'explosion des larmes a une température réellement supérieure à celle des larmes elles-mêmes; mais ces expériences ne permettent pas de mesurer la différence de température.

5. Il semblerait que, pour le but actuel, la constatation d'une variation de température, et peut-être la mesure de cette variation, pourraient se faire assez bien avec un thermomètre à air. La larme serait introduite dans un flacon à deux tubulures, par exemple, sa pointe traversant le bouchon d'une des tubulures et demeurant au dehors, tandis que l'autre tubulure se continuerait par un tube fin pourvu d'un index mobile. En brisant la pointe de la larme, on provoquerait l'explosion dans le flacon, et la variation de température, même faible, qui l'accompagne pourrait se déceler par la dilatation de l'air et le mouvement de l'index. Mais ce moyen, qui peut être établi avec beaucoup de sensibilité et que j'ai essayé tel qu'il vient d'être décrit, ne peut inspirer aucune confiance dans ses résultats. On sait, en effet, que toutes les larmes bataviques possèdent, dans leur intérieur, une cavité plus ou moins grande, absolument vide dans la plupart des cas et peut-être toujours. Leur volume extérieur n'est

donc point égal au volume réel du verre et, par l'explosion, on obtient des fragments dont les volumes ajoutés ne sont pas équivalents au volume primitif de la larme. Il résulte évidemment de ce fait que la méthode mentionnée serait entachée d'une cause d'erreur grave et impossible à apprécier.

Deuxième méthode.

6. Pour comparer la température de la poussière produite par l'explosion avec celle des larmes elles-mêmes, il semble naturel de produire cette explosion au sein d'un liquide dont on observera la température.

On rencontre malheureusement une première difficulté dans le fait, connu depuis longtemps, que l'explosion d'une larme batavique au sein d'un liquide y donne lieu à des projections violentes. Si une larme est complétement plongée dans un flacon de verre rempli d'eau, même un flacon à large ouverture, on est à peu près sûr que le flacon sera brisé. L'écartement des morceaux de verre est si soudain que l'eau n'a pas le temps d'être chassée hors du vase et la pression se communique instantanément aux parois. Si l'on plonge la larme seulement en partie dans le liquide, il y a une projection considérable du liquide lui-même et des fragments de verre. Si, enfin, l'on emploie un vase assez grand, à très-large ouverture, et que la larme plonge entièrement dans le liquide, on arrivera à éviter des projections; mais alors la masse du liquide employée diminuera beaucoup ou rendra insensible la faible variation de température qu'il s'agit de mesurer.

J'ai fait quelques essais en plaçant les larmes dans un vase renfermant de l'essence de térébenthine et en déter-

minant la température de l'essence avant et après l'explosion. Le vase, à base rectangulaire, de laiton mince, pesait $40^{gr},3$. Il avait 220^{mm} de longueur, 15^{mm} de largeur et 35^{mm} de hauteur. Il était prolongé d'environ 30^{mm}, en hauteur, par une feuille repliée de fort papier qui continuait les quatre parois et leur donnait ainsi une profondeur totale de 75^{mm}.

On introduisait, dans ce vase, de 20 à 40 grammes d'essence de térébenthine qui, à cause de sa faible chaleur spécifique, convient mieux que l'eau pour ce genre de recherches. Les larmes étaient fixées à de petites bandes de carton, un peu plus larges que le vase et reposant sur ses bords. La masse de la larme plongeait librement dans le vase, sa pointe seule dépassait la bande de carton et apparaissait à l'extérieur de manière à pouvoir être facilement saisie par une pince.

Un thermomètre à petite cuvette sphérique plongeait dans l'essence. Sa tige, fixée à une pince extérieure, était entièrement indépendante du vase. Comme il était nécessaire de protéger le thermomètre contre le dangereux voisinage des larmes qui allaient faire explosion, l'instrument avait sa cuvette et la partie inférieure de sa tige enveloppées d'un mince treillis métallique.

Le vase de laiton était d'ailleurs, pour chaque expérience, enveloppé par une épaisse couche de coton, afin de le protéger contre les effets de la température ambiante. Le coton était disposé de telle sorte que les pointes des larmes qui s'y trouvaient noyées fussent facilement et rapidement retrouvées. Lorsque l'appareil avait été préparé, il était abandonné au moins un jour entier dans un local non habité, et l'on peut admettre que tout ce qui se trouvait enveloppé dans la masse de coton avait acquis une même température.

Le thermomètre était observé avec la lunette d'un cathétomètre. Les degrés avaient une longueur moyenne de $3^{mm},72$; chaque millimètre correspondait donc à $0^{o},269$. Comme il s'agissait d'une variation de température toujours inférieure à 1°, on mesurait au cathétomètre la distance comprise entre la colonne thermométrique et la division la plus voisine. Le vernier permettant d'apprécier les cinquantièmes de millimètres, une division du vernier correspondait à $0^{o},0054$; une erreur de deux divisions aurait correspondu à environ un centième de degré. Les circonstances des observations permettaient une grande netteté des lectures. Je crois que l'incertitude de chaque détermination de température ne dépassait pas $0^{o},01$.

Avant de réaliser une expérience comme celle qui est décrite ci-dessus, il importait de savoir s'il ne se produit peut-être pas une variation de température par le seul fait (effet de capillarité ou autre) que de la poussière vitreuse tombe dans de l'essence de térébenthine. On a donc fait un premier essai de contrôle dans lequel quelques grammes de poussière de verre ont été versés dans le liquide.

7. A. *Essai de contrôle.* Vingt grammes de poussière vitreuse ont été placés dans le cylindre de carton (voir § 4). Ce cylindre a été installé dans le vase de laiton de telle sorte que sa base était à 10^{mm} au-dessus de l'essence de térébenthine. Trente-trois grammes d'essence étaient dans le vase. Tout l'appareil avait été préparé deux jours à l'avance.

Le thermomètre marquait $16^{o},18$ et se maintenait rigoureusement invariable depuis quelques minutes, lorsque le clapet du cylindre fut ouvert. Température, quel-

ques secondes après : 16°,19 ; plusieurs observations successives donnèrent de nouveau 16°,19. La température n'a donc pas variée d'une quantité supérieure à 0°,01. (Voir d'autres expériences de contrôle au § 10.)

B. Quatre larmes, pesant ensemble 32gr,33, ont été installées, comme il a été dit plus haut, dans le vase de laiton, lequel contenait 37gr,12 d'essence. La partie renflée des larmes plongeait partiellement dans le liquide. Au début des observations, la température était 18°,55 ; mais elle monta lentement et après 30 minutes le thermomètre indiquait 18°,70. Les pointes furent alors brisées, toutes les larmes firent explosion. A 32 minutes, la température est 18°,77 ; elle ne varia pas d'une manière sensible pendant plusieurs minutes successives. Pendant l'intervalle de 30 à 32 minutes, la marche ascensionnelle du thermomètre, constatée en commençant, aurait été de 0°,01 si elle s'était continuée, ce qui n'est pas probable, puisque l'appareil a été brusquement réchauffé [1].

On peut donc admettre, comme très-approximatif, que, après l'explosion et la chute du verre dans l'essence, la température a monté de 18°,70 à 18°77, soit un acroissement de 0°,07.

L'explosion a été très-violente ; plusieurs fragments de verre ont été projetés hors du vase, ainsi que quelques gouttes d'essence. L'enveloppe de coton a été un peu soulevée et partiellement déplacée au-dessus du vase.

[1] Ici, comme dans les expériences de la troisième méthode, je n'ai pas cherché à faire la correction due à l'influence de la température ambiante. Si l'on remarque la faible valeur du réchauffement qu'il s'agissait de mesurer, le peu de temps au bout duquel ce réchauffement se manifestait, la lenteur de la variation (quelquefois nulle) qui pouvait être attribuée au milieu ambiant, on verra que cette correction était négligeable.

C. Mêmes dispositions expérimentales que ci-dessus. Le vase de laiton reçut 28^{gr},9 d'essence. Deux larmes volumineuses, pesant ensemble 15^{gr},38, furent installées, plongeant par leur partie inférieure dans l'essence.

Au début, le thermomètre indiquait 25°,48; après trois minutes, 25°,49; après sept minutes, 25°,50. Il y avait donc une lente élévation de la température générale. Les pointes furent brisées à 8 m.; à 9 m., le thermomètre indiqua 25°,55; à 10 m., 25°,56, puis il se maintint sensiblement fixe pour baisser ensuite un peu. A 29 m., on notait 25°,54. D'après ces chiffres, on peut admettre que l'explosion s'est accompagnée d'une élévation de température de 25°50 à 25°56.

Comme dans le cas précédent, il y a eu une projection assez forte de poussière vitreuse et d'essence hors du vase.

D. Mêmes dispositions que ci-dessus. Le vase de laiton reçut 20^{gr},62 d'essence; au-dessus étaient installées quatre larmes pesant 21^{gr},31.

Durant 55 minutes, le thermomètre s'éleva de 16°,46 à 16°,54. A ce moment, l'explosion des quatre larmes eut lieu ; le thermomètre monta immédiatement et après trois minutes il était arrivé à 16°,59. Après plus de dix minutes, on observa 16°,58, puis 16°,57, etc.

L'explosion des larmes s'était donc accompagnée d'un accroissement de température qu'on peut évaluer à 0°,05 : de 16°,54 à 16°,58. Projection extrêmement violente de verre et d'essence dans la masse du coton qui sert d'enveloppe.

E. Le vase de laiton reçut 20^{gr},60 d'essence. Quatre larmes, pesant 16^{gr},57, furent pourvues chacune d'une chemisette de mousseline fixée à la même feuille de carton que la larme elle-même. La chemisette devait empê-

cher toute projection latérale; mais une ouverture convenable, à sa partie inférieure, livrait passage à la poussière vitreuse. Les larmes, ainsi que leurs enveloppes, ne touchaient pas le liquide, mais étaient suspendues immédiatement au-dessus.

Dans les dix premières minutes de l'observation, la température demeura bien fixe: 16°,74. Les pointes furent alors brisées, les quatre larmes éclatèrent et après trois minutes, la température était 16°,77; elle parut s'élever encore un peu, mais d'une quantité inférieure à 0°,01. On peut admettre sensiblement 16°,775. Vingt minutes plus tard, le thermomètre était revenu à 16°,74; c'est donc bien l'explosion des larmes qui avait provoqué l'accroissement de température.

Malgré les chemisettes de mousseline, bien des morceaux de verre ont été lancés hors du vase; des gouttes d'essence ont également rejailli.

8. Les détails qui précèdent montrent assez que la méthode employée n'est pas très-satisfaisante. On a vu que les projections de verre et de liquide n'ont pas pu être évitées et elles ne pourront, je crois, jamais l'être quand on fera éclater les larmes en contact immédiat avec le liquide. Dans ces conditions, le calcul de la température de la poussière vitreuse ne peut évidemment pas prétendre à beaucoup d'exactitude, puisque les quantités de verre et d'essence qui se mélangeaient n'étaient pas exactement celles qui avaient été pesées; et que, en outre, la violente agitation du liquide pouvait fort bien provoquer une évaporation momentanément abondante capable d'influer sur la température.

Malgré ces circonstances peu favorables, j'ai cherché

quelle a dû être la température de la poussière vitreuse arrivant dans l'essence. Soient : v le poids des larmes employées; e, le poids de l'essence; t, la température des larmes et de l'essence avant l'explosion; θ la température du mélange et t' celle de la poussière vitreuse qui est tombée dans l'essence. Le vase de laiton pesait $40^{gr},3$; le mercure du thermomètre pouvait être évalué à $6^{gr},3$ (d'après ses dimensions); le verre de la partie plongeant dans l'essence $2^{gr},5$; le treillis métallique qui enveloppait la boule du thermomètre pesait $4^{gr},1$. J'ai admis, comme chaleurs spécifiques, d'après M. Regnault :

Verre	0,177	Laiton	0,095
Essence . . .	0,467	Mercure . . .	0,033

La formule, facile à établir, qui donne t' est :

$$t' = \frac{v.0,177.\theta + \{e.0,467 + 40,3.\ 0,095 + 6,3.\ 0,033 + 2,5.\ 0,177 + 4,1.\ 0,095\}.\{\theta - t\}}{v.\ 0,177}$$

cette formule se réduit à :

$$t' = \frac{v.\ 0,177.\ \theta + \{e.\ 0,467 + 4,74\}\ \{\theta - t\}}{v.\ 0,177}$$

En l'appliquant aux quatre expériences rapportées plus haut, puis en soustrayant de t' la température t des larmes avant l'explosion, température qui était aussi celle de l'essence, on obtient l'accroissement de chaleur qui a été produit dans la substance du verre par le phénomène de l'explosion. Le tableau suivant résume les données des quatre expériences; la dernière colonne renferme l'accroissement de température t'-t:

Expériences.	Poids du verre.	Poids de l'essence.	t	t'	$t'-t$
A	20^g	33^g	16°,18	16°,21	+0°,03
B	32,33	37,12	18°,70	19°,04	+0°,34
C	15,38	28,9	25°,50	25°,96	+0°,46
D	21,31	20,62	16°,54	16°,78	+0°,24
E	16,57	20,60	16°,74	16°,92	+0°,18

Ces résultats accusent tous un accroissement de température par l'explosion; mais ils sont loin d'être concordants, et l'on pouvait s'y attendre par les motifs d'incertitude indiqués plus haut. On verra d'ailleurs (§ 12) qu'il existe probablement une autre cause empêchant la concordance des résultats.

Troisième méthode.

9. Un cône tronqué, de carton, ayant 110^{mm} de diamètre à la grande base, 25^{mm} à la petite, et 120^{mm} de hauteur était fixé à un support, la grande base en haut et l'axe un peu incliné sur la verticale. Par sa petite base, ce cône s'engageait dans un cylindre de 35^{mm} de diamètre, 140^{mm} de longueur, placé verticalement et formé dans sa partie supérieure par du carton, et dans sa partie inférieure par du laiton très-mince. Cette dernière portion, du poids de 15^{gr},3, fermée par une base arrondie, avait la forme d'un dé à coudre. Le cône de carton, s'engageant un peu dans le cylindre, n'en remplissait pas complétement l'ouverture, mais laissait assez de place pour faire arriver jusqu'au fond du dé en laiton la cuvette d'un thermomètre. La grande base du cône était fermée par une feuille de caoutchouc flexible; des fentes pratiquées dans cette feuille permettaient d'introduire le thermomètre et les larmes. Pour chaque expérience, le

cylindre de laiton et son prolongement de carton étaient entourés d'une épaisse couche de coton et placés dans un large vase de bois. Une seconde et abondante masse de coton enveloppait ce vase, le cône de carton, le support auquel ce cône était attaché et entourait ainsi l'appareil entier.

Voici maintenant quelle était la marche d'une expérience :

Une certaine quantité d'essence, qui a varié de 10 à 16 grammes, était introduite dans le dé de laiton. Le cylindre était mis en place, et au-dessus, un peu incliné, se plaçait le cône de carton. Les larmes bataviques étaient installées, librement suspendues dans ce cône, de telle sorte que les pointes, soutenues par de petites bandes de carton, dépassaient d'une quantité suffisante la feuille de caoutchouc. Deux thermomètres, 1 et 2, retenus par des pinces, étaient introduits également dans le cône à travers des fentes du caoutchouc. — Tout l'appareil, noyé dans son enveloppe de coton, était abandonné dans un local inoccupé pendant un jour au moins.

Avant de procéder à la rupture des larmes, on observait les thermomètres 1 et 2 pendant quelque temps. Le thermomètre 2 était alors rapidement retiré du cône de carton et introduit dans une gaîne de papier ménagée dans la masse du coton et dirigeant l'instrument jusque dans le cylindre inférieur. La cuvette de ce thermomètre arrivait dans l'essence de térébenthine dont on pouvait ainsi connaître la température; température qui, dans la plupart des cas, ne différait que très-peu de celle des parties supérieures de l'appareil. — A un moment donné enfin, les pointes étaient brisées, et la poussière vitreuse, glissant dans le cône de carton, puis dans le cylindre, arrivait dans l'essence.

Les thermomètres 1 et 2 étaient sensiblement identiques. L'un et l'autre étaient observés au cathétomètre et la température était obtenue comme il a été dit au § 6[1].

Il importait de savoir si, dans les conditions particulières de cette troisième méthode, la simple chute d'une poussière vitreuse du cône dans l'essence provoquerait une variation de température. On a donc fait les essais de contrôle décrits ci-dessous (expér. A et B et tableau du § 11).

10. A. *Expérience de contrôle.* — Quinze grammes de poussière vitreuse ont été placés dans le cylindre à clapet précédemment décrit (§ 4). Ce cylindre a été installé dans le cône de carton, convenablement soutenu ; le fil métallique qui permet d'ouvrir le clapet dépassant seul l'enveloppe de coton. Le dé de laiton avait reçu $14^{gr},85$ d'essence. Les thermomètres 1 et 2 ont marché bien d'accord. Pendant 21 minutes, la température a graduellement monté de $24^{o},22$ à $24^{o},30$. Le thermomètre 2 a été alors placé dans l'essence, et durant 11 minutes plusieurs observations ont donné invariablement $24^{o},36$. Le clapet du cylindre fut ouvert, la poussière vitreuse tomba dans l'essence et le thermomètre 2 donna, dans quatre lectures, $24^{o},30$, $24^{o},29$, $24^{o},30$, $24^{o},30$. L'élévation de température a donc été sensiblement de $0^{o},01$.

B. Deuxième *essai de contrôle* semblable au précédent.

[1] Pour cette détermination de température, il aurait été avantageux d'avoir un appareil thermo-électrique qui aurait pu être combiné et installé de manière à fournir directement au galvanomètre la *différence* de température entre les larmes et l'essence. La seule pile thermo-électrique que je possède n'était pas convenable pour ce but.

$18^{gr},95$ de poussière vitreuse sont tombés dans $14^{gr},85$ d'essence. Au moment où le clapet fut ouvert, la température indiquée par le thermomètre 1 était 23°,39; celle de l'essence 23°,16. Après la chute du verre, la température de l'essence monta à 23°,20.

C. Le dé de laiton reçoit $14^{gr},85$ d'essence. Quatre larmes, pesant ensemble $20^{gr},42$, ont été installées dans le cône de carton. Au début des observations, les thermomètres 1 et 2 indiquent 23°,52 et 23°,53 ; ils présentent une marche ascensionnelle lente et à 34 m., la température est 23°,59 au thermomètre 1, et 23°,60 au thermomètre 2. Ce dernier est alors descendu dans l'essence où, durant dix minutes, on observe à diverses reprises 23°,63; 23°,64; 23°,64; 23°,64. Quelques instants avant l'explosion, le thermomètre 1 indiqua 23°,64 également. Immédiatement après l'explosion, la température de l'essence était 23°,71 ; elle monta encore peu à peu et atteignit, après trois minutes, 23°74.

D. Trois larmes pesant $20^{gr},43$ et $10^{gr},10$ d'essence. Les thermomètres 1 et 2, dans leur première position, ont présenté des discordances assez notables, mais toujours dans le même sens, dues en partie à un désaccord réel entre les deux instruments dans cette portion de leur échelle, et en partie au réchauffement inégal qui les atteignait. Durant 50 minutes, six observations ont fourni des résultats divergeant de 0°,05 à 0°,10 ; écart moyen, 0°,07 ; le thermomètre 1 étant toujours supérieur à 2. Pendant que s'observaient ces différences, la température subissait un accroissement général; elle s'éleva de 0°,52 en 50 minutes. Cet accroissement, dû au réchauffement de l'air ambiant, se produisait sans doute avec des vitesses inégales, et variant d'ailleurs d'un moment à l'autre dans

les divers points de la cavité du cône de carton. En admettant les températures telles que les donnait le thermomètre 2, il faut donc faire subir une diminution de 0°,07 à celles du thermomètre 1 pour les rendre comparables.

La température de l'essence fut trouvée bien constante durant plusieurs minutes et égale à 20°,17. Une minute avant l'explosion des larmes, deux observations du thermomètre 1 fournirent 20°,98, ou 20°,91 ramené au thermomètre 2. Deux larmes seulement éclatèrent; la troisième, la plus grosse, se conserva malgré la rupture de la pointe. Il tomba 11gr,4 de poussière vitreuse dans l'essence dont la température s'éleva à 20°,40 pour s'abaisser de nouveau quelques instants après.

E. Trois larmes pesant 16gr,85 et 16gr,30 d'essence. Durant vingt minutes, les thermomètres 1 et 2, observés à trois reprises, ont fourni des températures dans lesquelles les indications de 2 sont régulièrement inférieures de 0°,07 à celles de 1. Le thermomètre 2, plongé dans l'essence, donne une température de 21°,69; quelques instants avant l'explosion, deux lectures de 1 donnent 21°,88, ou 21°,81 du thermomètre 2. Les larmes éclatent et trois minutes après la température de l'essence est 21°,80.

F. Trois larmes pesant 18gr,31 et 14gr,85 d'essence. Au moment de l'explosion, la température du thermomètre 1, et, par conséquent, celle des larmes est 23°,72; celle de l'essence est 23°,34. Après la chute de la poussière vitreuse, la température de l'essence monte, en deux minutes, à 23°,52.

G. Six larmes de petite dimension, pesant ensemble 19gr,37 et 9gr,95 d'essence. Durant 38 minutes, les thermomètres 1 et 2 fournissent quatre observations avec

des différences de 0°,18, 0°,20, 0°,19, 0°,19, provenant d'un désaccord réel de leur échelle dans cette région-là. Les indications du thermomètre 1 doivent donc être diminuées de 0°,19. De 39 à 65 minutes, la température des larmes s'accroît lentement et arrive de 13°,93 à 14°,02 ; celle de l'essence, pendant ce temps, augmente de 13°,57 à 13°,61. Au moment de l'explosion, la température des larmes est 13°,83 (ramené au thermomètre 2). La rupture des pointes a pu avoir lieu très-rapidement malgré leur grand nombre, et trois minutes après la température de l'essence est 13°,77. Cette température s'abaissa ensuite.

11. Les expériences faites d'après cette troisième méthode ont été calculées comme celles de la méthode précédente (voir § 8). Le dé de laiton pesant 15gr,03 et le thermomètre qui plongeait dans l'essence n'ayant pas d'enveloppe métallique, la formule qui donne t', ou la température de la poussière vitreuse après l'explosion, est :

$$t' = \frac{v.\,0{,}177.\,\theta + \{e.\,0{,}467 + 2{,}02\}\ \{\theta - t\}}{v.\,0{,}177}$$

Les notations sont les mêmes que dans la formule du § 8.

En appliquant le calcul aux sept expériences qui viennent d'être décrites, on trouve :

Expériences.	Poids du verre.	Poids de l'essence.	t	t'	$t'-t$
A	15g	14g,85	24°,36	24°,33	—0°,03
B	14,95	14,85	23°,39	23°,34	—0°,05
C	20,42	14,85	23°,64	23°,99	+0°,35
D	11,40	10,10	20°,91	21°,17	+0°,26
E	16,85	16,30	21°,81	22°,16	+0°,35
F	18,31	14,85	23°,72	24°,02	+0°,30
G	19,37	9,95	13°,83	14°,08	+0°,25
		Moyenne de C à G.			+0°,30

On voit que, dans les expériences de contrôle, le calcul donne, pour la poussière vitreuse, une température peu différente de celle qu'elle possédait réellement. Il est à remarquer que, dans les deux cas, cette différence est négative [1] et l'on peut, par conséquent, bien considérer comme démontré que les différences positives fournies par les cinq expériences suivantes ne sont pas dues à une simple chute du verre pulvérisé dans l'essence de térébenthine, mais proviennent bien réellement d'une température plus élevée de cette poussière vitreuse.

12. Les résultats des expériences C à G sont moins discordants que ceux qu'avait fournis la deuxième méthode, et il fallait s'y attendre, ensuite des remarques faites plus

[1] Les différences trouvées sont assez faibles pour qu'il ne soit pas permis d'attribuer beaucoup d'importance au fait que toutes deux sont de même signe. Il se pourrait que la chute de la poussière vitreuse dans l'essence donnât lieu à une agitation et un rejaillissement du liquide qui provoquent une évaporation momentanément active et par suite un abaissement de température. Cette influence, si elle est réelle, aurait dû se manifester aussi dans l'essai A du § 7 ; seulement, dans ce dernier cas, le verre est tombé d'une très-faible hauteur.

haut. Ces résultats, toutefois, présentent des écarts encore assez notables. Ces écarts doivent provenir, en partie, des erreurs inévitables qui entachent les expériences faites. Ainsi, une incertitude de 0°,01 ou 0°,02 dans la mesure de la température de l'essence se traduit par 0°,03 ou 0°,04 dans le résultat t' ; ainsi, la température des larmes n'était peut-être pas, chaque fois, identique à celle du thermomètre 1, ce que l'on a supposé dans le calcul ; ainsi, lors de la rupture des pointes, il y avait une petite quantité de verre qui se pulvérisait au-dessus de la feuille de caoutchouc et ne tombait pas dans le liquide, quantité qui n'a pas pu être soustraite chaque fois du poids de la larme, etc. Mais il existe, je crois, une circonstance plus importante, et sur laquelle on me permettra d'insister, qui peut expliquer et légitimer en grande partie la divergence des résultats d'une expérience à l'autre.

Quelle que soit la cause qui donne à la poussière vitreuse provenant de l'explosion une température plus élevée que celle de la larme elle-même, il est certain que cette différence de température ne sera pas constante si les conditions moléculaires, desquelles l'explosion dépend, varient d'une larme à l'autre. Or, cette variation ne paraît pas douteuse dès que l'on examine avec attention les produits de l'explosion, et elle est bien démontrée par quelques faits exceptionnellement frappants. On dit généralement que les larmes bataviques éclatent dès qu'on en brise la plus fine pointe ; mais cela n'est pas absolument constant. On trouve fréquemment des larmes qui demeurent intactes après une première rupture de la pointe et qui éclatent seulement quand on arrive à les briser dans une partie plus élargie de leur queue. J'ai

eu plusieurs exemples d'explosions qui ont eu lieu après trois ou quatre ruptures de la queue dans des portions de moins en moins effilées.

Si l'on examine de près la poussière vitreuse, on voit qu'elle varie passablement dans les diverses larmes. Quelquefois elle est très-fine ; d'autres fois, on trouve des morceaux assez volumineux, des fragments qui sont demeurés très-limpides dans leur intérieur, ne sont point fissurés et représentent bien le dernier terme de rupture de la larme. Certaines larmes donnent beaucoup de ces fragments volumineux et très-peu de vraie poussière, d'autres présentent le fait inverse. Il peut même arriver, comme cas extrême d'une explosion avec gros fragments, qu'une portion assez importante de la larme demeure intacte. J'ai eu, entre autres, trois exemples de larmes dont la portion la moins élargie seule s'est pulvérisée : toute la partie renflée est demeurée intacte. Dans la première, la partie demeurée intacte est les 0,77 de la larme entière, dans la seconde les 0,58, et dans la troisième les 0,52 [1].

Il résulte évidemment de ces remarques que l'état de tension moléculaire duquel dépend l'explosion n'est pas le même dans toutes les larmes. Les différences, sous ce rapport, proviennent sans doute des circonstances un peu inégales dans lesquelles les larmes se sont produites (refroidissement du verre fondu), peut-être en quelque

[1] Ces larmes, à moitié pulvérisées, ont été mises sous les yeux des membres de la Section de physique de la Société helvét. des Sciences naturelles, à la session d'Einsideln, en août 1867.— Assez récemment j'ai reçu une provision de larmes plus petites que celles qui ont servi aux expériences du présent mémoire Elles ont des dimensions beaucoup plus égales et fournissent une poussière qui varie fort peu d'une larme à l'autre.

mesure des circonstances dans lesquelles elles ont été conservées (variations de température, chocs, etc.). Dans ces conditions, il est naturel de penser que l'élévation de température qui accompagne une explosion ne doit pas être exactement la même dans toutes les larmes et l'on peut probablement expliquer ainsi, en partie tout au moins, les écarts qui se montrent entre les résultats des expériences C à G.

13. Les expériences diverses décrites dans les pages précédentes et les remarques du § ci-dessus permettent donc de poser les conclusions suivantes :

1. Lors de l'explosion des larmes bataviques, la poussière vitreuse qui se produit a une température plus élevée que celle de la larme elle-même au moment de l'explosion

2. L'excès de température n'est très-probablement pas le même dans toutes les larmes. Il varie ensuite de la différence de tension moléculaire qui existe entre des larmes différentes et qui se manifeste, entre autres, par une inégalité du degré de pulvérisation que l'explosion occasionne.

3. Une série de cinq expériences (3me méthode), portant sur 18 larmes d'un poids moyen de $4^{gr},8$, a fourni, comme excès moyen de température de la poussière vitreuse, $0^{o},30$.

14. Lorsqu'on cherche à se rendre compte des circonstances mécaniques et calorifiques qui doivent accompagner une explosion de larmes bataviques, on éprouve, ce me semble, une certaine incertitude et le phénomène paraît pouvoir s'interpréter de diverses façons.

Il semble, au premier abord, que dans l'explosion d'une larme on peut distinguer deux faits qui exigent l'un et l'autre une dépense de travail mécanique. Les fragments de verre résultant de la rupture sont lancés avec une *vitesse* assez grande et projetés dans l'air ou contre les obstacles voisins. Il y a donc une force vive produite, et on doit penser que cette apparition de travail mécanique correspond à une diminution de la chaleur propre du corps. On peut supposer que la force vive des fragments lancés résulte d'une transformation de chaleur c, prise dans le corps même, qui doit donc subir un refroidissement t_1. Mais les fragments lancés éprouvent un frottement à travers l'air, qui finit par les arrêter, ou bien ils viennent heurter des obstacles. Ce frottement ou ces chocs doivent régénérer la chaleur c dont une partie, si ce n'est la totalité, doit contribuer à rechauffer de nouveau les fragments de verre refroidis au moment même de l'explosion[1]. Il y a là quelque chose d'analogue à cette expérience connue de M. Joule où deux réservoirs communiquent l'un avec l'autre, le premier rempli d'air comprimé et le second vide. Lorsqu'on les met en communication, l'air se précipite du premier dans le second ; il se refroidit au moment de la détente pour se rechauffer ensuite par la compression dans le vase vide. La quantité de chaleur qui se consomme d'une part est égale à celle qui se produit d'une autre et, en définitive, il n'y a point de chaleur perdue ou acquise. On pourrait donc s'at-

[1] Il est clair que je fais abstraction ici de la variation de température qui se produirait par l'effet de la simple conductibilité, si l'air, dans lequel se meuvent les fragments, ou les obstacles qu'ils viennent frapper, étaient plus chauds ou plus froids que ces fragments eux-mêmes.

tendre, en vertu de ce premier fait, à trouver dans la poussière vitreuse une température sensiblement la même que celle que possédait la larme dans son ensemble; un peu plus basse cependant, parce que la chaleur c se retrouvera en partie dans les fragments de verre et en partie dans les corps contre lesquels ils frottent ou contre lesquels ils viennent heurter.

Un second fait à considérer dans l'explosion, c'est la désagrégation moléculaire qui se produit. Le verre compact se transforme en une poussière souvent assez fine. On peut obtenir cette pulvérisation du verre ordinaire en dépensant un travail mécanique convenable, ainsi en laissant tomber, sur le verre, un corps pesant. On peut croire que, dans une larme qui fait explosion, le travail nécessaire à la pulvérisation résulte d'une certaine quantité c' de chaleur transformée et cette chaleur étant prise au corps même, la température du corps doit s'abaisser de t_2.

Ainsi, en tenant compte des deux faits qui viennent d'être indiqués, il semblerait que la poussière vitreuse dût avoir, en définitive, une température un peu plus basse que celle de la larme avant l'explosion. La différence devrait être supérieure à t_2, mais inférieure à $t_1 + t_2$. — Cette conclusion n'est point conforme aux résultats des expériences; les considérations qui viennent d'être invoquées et qui aboutissent à cette conclusion sont donc inexactes ou plutôt incomplètes, et pour les compléter il faut avoir égard aux mouvements moléculaires qui doivent se produire dans la larme qui éclate.

15. On peut probablement rattacher l'élévation de température lors de l'explosion des larmes bataviques

aux faits qui se produisent lorsque des fils métalliques ayant été allongés (sans dépasser la limite d'élasticité) reprennent brusquement leur longueur première. M. Joule a montré[1] qu'un fil de fer, par exemple, de 8mm de diamètre et étiré par un poids de 289 kil., se réchauffe de $^1/_8{}^o$ au moment où il reprend son volume primitif. Dans un Mémoire assez récent[2], M. Edlund a publié les résultats obtenus en étirant puis en laissant se contracter des fils de divers métaux. Lorsque, après avoir allongé les fils, on les laisse reprendre leur longueur primitive, il y a toujours une production de chaleur, laquelle est plus ou moins grande suivant que le fil, en se retirant, produit un travail extérieur plus ou moins considérable. Le maximum de chaleur s'observe quand le métal reprend ses dimensions premières sans produire de travail extérieur.

Dans la préparation connue d'une larme batavique, le refroidissement instantané que subit la couche externe du verre la solidifie alors que l'intérieur est encore liquide. Cette couche enveloppe donc un volume plus grand que ne sera le volume du verre entièrement refroidi. Pendant le refroidissement, la masse vitreuse est liée, par adhérence, à la couche extérieure déjà formée. Le verre ne peut donc pas éprouver la contraction qui se produirait normalement; il subit une traction tendant à maintenir

[1] *Annales de Chimie et Physique*, tome LII.

[2] *Poggend. Ann.*, tome CXIV, 1865, nº 12. — M. Edlund a trouvé, entre autres, les résultats suivants : un fil d'argent de 566mm, étiré par un poids de 22k,63 et allongé de 1mm,497 s'étant brusquement raccourci, *sans effectuer de travail*, par l'enlèvement du poids, l'élévation de température fut de 0°,494. Un fil de cuivre, étiré par un poids de 22k,67 s'est échauffé, dans les mêmes circonstances, de 0°,296, et un fil de laiton, étiré par un poids de 29k,63, s'est échauffé de 0°,322.

son volume plus grand et son état est évidemment fort semblable à celui d'une barre de métal allongée par un effort extérieur. On peut se représenter, probablement, une larme batavique comme semblable à une enceinte rigide dans l'intérieur de laquelle des barres, portées à une haute température, auraient été fixées aux parois, ces barres étant d'ailleurs en nombre considérable, enchevêtrées les unes dans les autres et reliées entre elles par d'innombrables soudures. Durant le refroidissement, toutes ces barres se contractant subiraient une traction de la part de l'enceinte invariable ; elles se trouveraient étirées et tout ce système serait évidemment dans un état d'équilibre instable. Une partie de l'enceinte étant détruite, on conçoit que quelques barres pourraient immédiatement se contracter ; d'autres, en partie liées aux premières, deviendraient libres également, se contracteraient aussi et ainsi de suite de proche en proche. Dans une larme batavique, les particules infiniment petites et infiniment nombreuses de verre jouent le rôle des barres dont il vient d'être question[1]. Leur subite contraction doit s'accompagner d'une production de chaleur comme dans les expériences de M. Edlund, et je pense que c'est là l'origine du réchauffement constaté par l'expérience.

16. Mais le retour à l'équilibre stable s'accompagne, dans une larme batavique, de cette projection remarquable et subite des particules vitreuses qui donne au

[1] Cette comparaison me paraît aider à concevoir la possibilité d'une désagrégation de proche en proche ; mais je ne prétends pas que cette désagrégation soit par là suffisamment expliquée. L'écroulement subit de tout ce fragile échafaudage de verre demeure un fait bien curieux et qui mérite des études nouvelles.

phénomène l'apparence d'une explosion. Cette projection demeure assurément un fait curieux et difficile à expliquer. Résulterait-elle peut-être simplement de ce que les petits fragments de verre n'atteignent leur forme et leur volume d'équilibre stable qu'après quelques oscillations semblables à celles que fournit un ressort quand, après l'avoir étiré, on le lâche brusquement ?

Quand un corps élastique est en vibration, il chasse avec plus ou moins de vitesse les corps étrangers en contact avec lui; si le ressort est lui-même mobile et s'il heurte des corps fixes, la réaction le lancera en sens inverse. Si un nombre considérable de petits fragments élastiques éprouvent des vibrations et se trouvent d'ailleurs en contact les uns avec les autres, ils se heurteront et se repousseront mutuellement. Dans une larme batavique, on peut se figurer que, au moment de la rupture, les particules de verre, jusqu'alors étirées, vibrent pendant un très-petit intervalle de temps avant d'arriver à leur dimension et à leur forme d'équilibre stable. Est-ce que les chocs mutuels qui doivent se produire alors ne sont peut-être pas la cause de cette projection remarquable offerte par les débris d'une larme qui fait explosion ?....

17. Quelle que soit la cause immédiate de la projection, il me semble naturel de croire que la force vive qui est ainsi communiquée à la masse pulvérisée du verre résulte de la transformation d'une certaine quantité de chaleur. Une partie de la chaleur produite par la contraction des particules de verre étiré se transforme en travail mécanique, et donne lieu au mouvement de la poussière vitreuse. Ce mouvement, à son tour, arrêté par des

frottements ou des obstacles, régénère dans les fragments de verre une fraction de la chaleur qui l'a produit. C'est cette fraction, ajoutée à la portion de chaleur non transformée en force vive, que les expériences précédentes ont pu constater.

18. La couche superficielle d'une larme doit être, comme l'intérieur, dans un état de tension moléculaire exceptionnel, puisque cette couche, en se solidifiant brusquement autour de la masse intérieure encore liquide, a dû prendre un volume plus grand que celui qui aurait correspondu à un refroidissement lent et général. Si l'on colore la surface d'une larme batavique, afin de reconnaître dans les fragments, après l'explosion, ceux qui ont appartenu à la couche superficielle, on découvre bientôt les fait suivants :

1. Les fragments les plus volumineux, très-volumineux parfois qui résultent de l'explosion, proviennent toujours des portions intérieures de la larme. Les couches voisines de la surface se brisent en morceaux plus petits, et c'est probablement même là, tout près de la surface, que se produit la pulvérisation la plus fine.

2. Les fragments qui proviennent de la couche superficielle de la larme sont, à peu près tous, semblables à des coins très-aplatis ou à des pierres à fusil. C'est la tête du coin, très-étroite dans la plupart des cas, qui faisait partie de la surface de la larme.

3. La partie amincie de la larme, sa queue, subit une pulvérisation particulièrement fine. C'est de la portion renflée que se détachent les fragments les plus volumineux[1].

[1] Il est fort probable que, dans une larme batavique, toutes les

19. On sait que la densité d'un corps est diminuée quand ce corps est étiré; en d'autres termes, le volume du corps augmente par la distension. Il résulte alors, des considérations ci-dessus, que la substance du verre, dans une larme batavique, doit être moins dense que ne l'est le même verre normal. Ce fait intéressant ne peut malheureusement pas être vérifié par l'expérience à cause de

parties intérieures ne sont pas dans le même état de tension. Le fait que la pulvérisation fournit parfois des fragments assez volumineux, limpides et homogènes, en est une preuve. La cavité vide intérieure résulte manifestement du retrait du verre pendant le refroidissement, et on comprend que, dans le voisinage de cette cavité, la matière ne soit pas aussi étirée qu'elle l'est près de la surface. Je crois que la tension augmente à mesure que l'on est plus éloigné du centre de la partie renflée ; car c'est la queue de la larme qui fournit la pulvérisation la plus fine. On s'en assure facilement en faisant éclater une larme après avoir engagé sa partie amincie dans un bouchon de liége convenablement percé ou dans un petit tube de caoutchouc.

La pulvérisation d'une larme batavique ne se produirait peut-être pas aussi complétement si l'on commençait la rupture ailleurs que vers la pointe, si l'on pouvait, par exemple, enlever des éclats à la surface de la partie renflée. Lorsqu'on veut attaquer au diamant une larme batavique, on réussit moins facilement qu'avec du verre ordinaire. Le diamant produit une fissure très-peu profonde ; de part et d'autre de cette fissure, il se détache des éclats de verre en poussière très-fine ; la pointe du diamant semble provoquer un petit nuage de fumée. Le sillon produit est assez large, mais très-superficiel. Sur une larme recuite, au contraire, on obtient un sillon plus profond et plus étroit. Il n'est pas rare que, sous la pointe du diamant, et *même un moment après*, la substance de la larme fasse entendre ce bruit caractéristique, cet éclat instantané et bien connu qui accompagne la production d'une fissure dans du verre qui se refroidit.

Si l'on fait passer la pointe de diamant à plusieurs reprises dans le même sillon, on finit par l'approfondir d'une quantité assez considérable, et l'on creuse ainsi la larme. Par cette opération, je n'ai jamais vu une explosion se produire. Il est vrai que le sillon était creusé dans la portion renflée ; sur la partie amincie et vers la pointe de la larme, je ne suis pas parvenu à obtenir des traces un peu profondes.

la cavité vide renfermée dans chaque larme. Pour faire disparaître cette cavité, il suffit de chauffer le verre jusqu'à ce qu'il soit ramolli ; dans la plupart des cas, les larmes redeviennent alors parfaitement homogènes. On sait d'ailleurs que ce réchauffement leur fait perdre leurs propriétés caractéristiques ; elles ne sont plus trempées, la pointe se brise très-facilement, mais il n'y a pas de pulvérisation. Quatre larmes ainsi ramenées à l'état normal m'ont fourni des densités de 2,553 ; 2,588 ; 2,537 ; 2,543 : — moyenne : 2,555. Avant qu'elles eussent été chauffées et alors que le verre était à l'état trempé, les densités étaient : 2,486 ; 2,508 ; 2,483 ; 2,480 : — moyenne : 2,491. La densité a donc bien augmenté dans le verre qui a été ramené à l'état normal par le réchauffement; mais il n'est pas possible de savoir si cette augmentation est due en totalité ou seulement en partie à la disparition de la cavité intérieure.

Quant à la densité de la poussière vitreuse résultant de l'explosion, sa détermination ne présente pas assez de garanties pour qu'on puisse attribuer quelque importance aux résultats obtenus. J'ai trouvé, à diverses reprises, 2,466; 2,412; 2,389; etc. Ces valeurs sont sûrement trop faibles. Beaucoup de fragments de verre demeurent agglomérés; d'autres sont fissurés sans être complétement désagrégés, et lorsqu'on les plonge dans l'eau le volume du liquide déplacé doit être plus grand que le volume réel du verre pulvérisé : de là une densité trop faible.

SUR LA COULEUR DU CIEL

LA

POLARISATION DE L'ATMOSPHÈRE

ET

LA POLARISATION DE LA LUMIÈRE PAR LES SUBSTANCES NUAGEUSES EN GÉNÉRAL

PAR

M. J. TYNDALL

(Traduction d'une note présentée à la Société royale de Londres, le 16 décembre 1868.)

Depuis ma communication récente « sur une nouvelle série de réactions chimiques, produites par la lumière[1], » j'ai poursuivi mes expériences sur ce sujet, et le nombre des substances chez lesquelles cette action a été constatée, s'est considérablement accru. J'ai fait aussi des observations nouvelles relatives à l'effet de la lumière sur les *vapeurs mélangées.*

Je désire aujourd'hui attirer l'attention de la Société Royale sur deux questions, auxquelles j'ai fait incidemment allusion dans la note ci-dessus mentionnée, à savoir la couleur bleue du ciel et la polarisation de la lumière du firmament. Je laisse de côté pour le moment l'historique de ce sujet, me bornant à rappeler aujourd'hui que ces questions constituent, d'après l'opinion des autorités scientifiques les plus éminentes, les deux grandes énigmes de la météorologie. Dans le fait, c'est une lettre d'une

[1] Voyez *Archives*, décembre 1868, tome XXXIII, p. 317.

remarquable portée scientifique, dans laquelle Sir John Herschell me faisait part de l'intérêt qu'il porte à ces questions, qui m'a engagé à aborder déjà l'étude de ces questions.

L'appareil avec lequel j'opère et que j'ai précédemment décrit, consiste en un tube de verre de trois pieds environ de longueur, et de deux et demi à trois pouces de diamètre intérieur. La vapeur que l'on veut étudier est introduite dans ce tube de la manière que j'ai rapportée dans ma dernière communication, puis l'on fait agir sur elle les rayons concentrés d'une lampe électrique jusqu'à ce que l'indifférence ou l'activité de la substance se soit manifestée.

Jusqu'ici mon but a été de rendre visible l'action chimique de la lumière sur les vapeurs. Pour y parvenir on a choisi des substances dont l'un au moins des produits de décomposition par la lumière soit assez peu volatil pour qu'il se *précipite* aussitôt qu'il se forme. En graduant la quantité de vapeur, cette précipitation peut être obtenue à tous les degrés de ténuité ; les particules formées peuvent être assez volumineuses pour être visibles à l'œil nu, ou tellement petites, qu'elles échapperaient probablement aux plus forts grossissements de nos microscopes. Je ne doute pas qu'on ne puisse obtenir ainsi des particules dont le diamètre serait une très-petite fraction de la longueur d'onde de la lumière violette.

Dans tous les cas où les vapeurs employées, quelle que soit leur nature, sont suffisamment atténuées, l'action visible commence par la formation d'un *nuage bleu*. Il importe de bien spécifier ce que j'entends par ce terme. Le nuage bleu, dont je parle ici, est complétement invisible à la lumière ordinaire du jour. Pour être vu, il faut

que tout ce qui l'entoure soit dans l'obscurité, et que lui seul soit éclairé par un puissant faisceau de lumière. Ce nuage bleu diffère, sous plusieurs rapports importants, des nuages ordinaires les plus délicats, et l'on pourrait dire avec quelque justesse qu'il tient un rang intermédiaire entre ces derniers et la véritable vapeur transparente.

Cette explication donnée, je pense qu'on ne pourra pas se méprendre sur le terme *nuage, nuage naissant* que j'emploierai.

J'ai essayé de décomposer l'acide carbonique par la lumière; il s'est formé, dans le tube expérimental, un faible nuage bleuâtre, provenant peut-être du résidu de quelque vapeur employée précédemment. En regardant transversalement ce nuage, avec un prisme de Nicol, le rayon visuel étant horizontal, on a trouvé que, lorsque la courte diagonale du prisme était verticale, la quantité de lumière atteignant l'œil était plus grande que lorsque c'était la longue diagonale qui était verticale.

Quand on plaçait une plaque de tourmaline entre l'œil et le nuage bleu, il arrivait à l'œil une plus grande quantité de lumière, quand l'axe du prisme était perpendiculaire à l'axe du faisceau éclairant, que lorsque les axes du cristal et du faisceau étaient parallèles l'un à l'autre.

Le résultat était le même dans toutes les parties du tube. En faisant tourner autour du tube le cristal de tourmaline, son axe étant maintenu perpendiculaire à celui du faisceau éclairant, la quantité de lumière qui atteignait l'œil était un maximum dans toutes les positions; tandis qu'elle était un minimum quand l'axe cristallographique était parallèle à l'axe du faisceau.

Ainsi, le nuage bleu éclairé émettait de la lumière

polarisée, la direction du maximum de polarisation était à l'angle droit du faisceau éclairant, et le *plan de vibration* de la lumière polarisée était perpendiculaire à la direction du faisceau [1]. En interposant des plaques minces de gypse ou de quartz, entre le prisme de Nicol et le nuage bleu, on voyait apparaître les couleurs de la lumière polarisée; elles présentaient le maximum de vivacité, quand le rayon visuel était à angle droit avec le tube expérimental. La plaque de gypse employée le plus habituellement était circulaire; elle était plus mince au centre, et son épaisseur augmentait uniformément en allant vers les bords. Lorsque cette plaque était placée dans la position convenable entre le Nicol et le nuage, il apparaissait un système d'anneaux brillamment colorés.

Les observations que nous venons de rapporter sont les premières qui aient été faites de cette manière. On peut arriver à des résultats beaucoup meilleurs avec des nuages obtenus avec d'autres substances convenablement choisies et introduites en proportions favorables dans le tube expérimental. On peut employer la benzine, le sulfure de carbone, le nitrite d'amyle, le nitrite de butyle, l'iodure d'amyle, l'iodure d'isopropyle, et plusieurs autres substances encore. Nous prendrons le nitrite de butyle comme exemple pour indiquer les moyens qu'il faut employer afin d'obtenir les meilleurs résultats.

[1] J'admets ici que le plan de vibration est perpendiculaire au plan de polarisation. On n'est pas encore bien d'accord sur cette manière de voir, mais les probabilités sont tellement en sa faveur, et dans mon opinion il est tellement préférable d'avoir une image physique sur laquelle l'esprit puisse se reposer, que je n'hésite pas à employer cette phraséologie dans le texte Du reste, lors même qne cette hypothèse serait inexacte, il ne résulterait aucun inconvénient de son emploi provisoire.

Mais d'abord, il convient de faire remarquer qu'une vapeur qui, seule ou seulement mélangée avec de l'air dans le tube expérimental, résiste à l'action de la lumière, ou ne subit qu'une très-faible altération, peut, lorsqu'elle est mélangée avec d'autres gaz ou vapeurs, éprouver un effet énergique, même violent de la part de la lumière ; il se passe quelque chose de semblable, ce qui a lieu pour l'acide carbonique qui, diffusé dans l'atmosphère, résiste à l'action de la lumière solaire, tandis qu'il se décompose au contact de la chlorophyle dans les feuilles des plantes.

Dans une première expérience, on a rempli le tube expérimental, dans lequel on avait préalablement fait le vide, avec de l'air qui avait passé bulle à bulle au travers de nitrite de butyle liquide. En exposant ce mélange à l'action de la lumière on obtint au bout de quinze minutes une légère action visible. — En second lieu, on a rempli le tube avec une demi-atmosphère d'air mélangé de la même vapeur, et une autre demi-atmosphère d'air qui avait passé au travers d'acide chlorydrique du commerce. En projetant le rayon lumineux au travers de ce mélange, avant le commencement de l'action, on eut le temps de voir que le tube était optiquement vide; mais cet état ne dura qu'une petite fraction de seconde, et un nuage épais se précipita immédiatement sur le passage du rayon qui traversait le mélange.

Ce nuage était d'abord *bleu*, mais il passa si rapidement au blanc, que l'on peut presque dire que l'action était instantanée. Observé perpendiculairement à son axe, le nuage dense présentait à peine quelques traces de polarisation. Regardé obliquement, la polarisation était forte.

Le tube expérimental ayant été de nouveau nettoyé et

vidé d'air, on y introduisit une petite quantité d'air, mélangé de vapeur de nitrite de butyle, dont la force élastique n'était que d'un dixième de pouce. En d'autres termes, la pression de la vapeur et de l'air réunis ne dépassait pas 1/300 d'atmosphère. Puis on ajouta de l'air qui avait traversé de l'acide chlorhydrique, jusqu'à ce que la tension fût de trois pouces.

On fit alors passer un faisceau de lumière électrique concentré, au travers de ce mélange. Au commencement il n'y avait absolument rien, dans l'intérieur du tube, qui pût disperser la lumière. Mais bientôt on vit se former un nuage d'une superbe couleur bleue le long de la trace du faisceau, et il conserva cette teinte assez longtemps pour permettre l'observation complète des phénomènes. La lumière, émise par le nuage, perpendiculairement à sa longueur était *complétement* polarisée. Le nuage passa graduellement à une teinte bleue blanchâtre, et, pendant quelque temps, en le regardant normalement au travers du gypse, on observait des couleurs extrêmement brillantes. La direction du maximum de polarisation était évidemment à angle droit du faisceau éclairant. Il continua à en être ainsi, tant que le nuage conserva une couleur décidément bleue, et même quelque temps après que le bleu pur s'était changé en bleu blanchâtre. Mais lorsque sous l'action prolongée de la lumière le nuage devint plus épais et plus blanc, particulièrement à son centre, il cessa d'émettre, en cet endroit, de la lumière polarisée dans une direction perpendiculaire, tandis que cet effet continuait à ses deux extrémités.

Mais le nuage qui n'émettait plus de lumière polarisée normalement présentait des couleurs vives, lorsqu'on le regardait obliquement au travers de la sélénite. La direc-

tion du maximum de polarisation changeait avec la texture du nuage; c'est là un point sur lequel nous reviendrons.

On obtient un bleu aussi beau, et plus durable, en employant la vapeur de nitrite de butyl à un état de raréfaction plus grande encore.

Les faits que nous venons de citer se reproduisent constamment: dans tous les cas, et avec toutes les substances, le nuage est bleu au commencement de sa formation lorsque les particules précipitées sont suffisamment fines, et l'on peut arriver à lui donner une couleur rivalisant avec le plus beau ciel d'Italie. Dans tous les cas aussi, ce beau nuage bleu polarise complétement le faisceau qui l'illumine, la direction de la polarisation, formant un angle de 90° avec l'axe du rayon éclairant.

Il est très-curieux d'observer la croissance et la décroissance de la polarisation. Pendant dix ou quinze minutes, après la première apparition du nuage, la vive lumière qui en émane est complétement éteinte par un prisme de Nicol, dont la longue diagonale est verticale, quand on regarde dans une direction horizontale. Puis, lorsque le bleu de ciel devient graduellement moins pur par la formation de particules de plus grandes dimensions, en d'autres termes, quand un vrai nuage commence à se développer, la polarisation cesse d'être parfaite, et une portion de la lumière traverse le prisme, quelle que soit sa position. Il importe aussi de remarquer que quelque temps après que la polarisation a cessé d'être complète, lorsque le Nicol est dans la position de minimum de transmission, la lumière *résidue* qui le traverse a une belle couleur bleue, tandis que le lumière plus blanche du nuage est éteinte[1]. Quand la texture du nuage est deve-

[1] Ceci semble prouver que les particules trop grosses pour polari-

nue assez grossière pour la rendre comparable à un nuage ordinaire, la rotation du Nicol cesse d'avoir un effet sensible sur la qualité de la lumière émise normalement.

Une autre expérience montre combien est parfaite la polarisation dans une direction perpendiculaire au faisceau éclairant. Un prisme de Nicol, assez large pour laisser passer le faisceau entier de la lampe électrique, a été placé entre celle-ci et le tube expérimental. On introduisit dans le tube d'abord quelques bulles d'air chargé de vapeur de nitrite de butyle, puis on y fit passer de l'air ayant traversé de l'acide chlorhydique, de manière à ce que la pression totale mesurée avec une éprouvette à mercure fût de trois pouces. On projeta alors le faisceau polarisé dans le tube; j'étais placé au devant, l'œil à la hauteur de l'axe, tandis que mon assistant, M. Cottrell, occupait une position semblable derrière le tube. La courte diagonale du grand prisme de Nicol a été d'abord placée verticalement, le plan de vibration de faisceau lumineux était donc aussi vertical. L'action de la lumière produisit lentement un superbe nuage bleu visible pour mon assistant aussi bien que pour moi. Mais ce nuage si facile à voir quand on l'observait dans la position indiquée, *disparaissait complètement lorsqu'on regardait verticalement de haut en bas ou de bas en haut*. Dans cette direction le nuage ne réfléchissait pas. En faisant tourner lentement le grand prisme de Nicol autour de son axe, l'œil de l'observateur étant placé au niveau du faisceau éclairant et le rayon visuel dirigé perpendiculairement sur lui, on obtenait une extinction complète de la lumière émise horizontalement

ser le bleu polarisent complétement la lumière de moindre réfrangibilité.

quand la longue diagonale du Nicol était placée verticalement. Mais alors, en regardant d'en haut ou d'en bas, on voyait ce nuage d'un bleu vif. Cette expérience, réellement très-belle, m'a été suggérée par M. le prof. Stokes dans une lettre qu'il m'a adressée.

Maintenant, pour ce qui concerne la polarisation de la lumière du ciel, la principale difficulté jusqu'ici a été de la concilier avec la loi de Brewster, d'après laquelle l'indice de réfraction est égal à la tangente de l'angle de polarisation ; il faudrait que la réflexion qui produit une polarisation complète se fît *dans* l'air *sur* l'air ; et cela a conduit plusieurs savants éminents, entre autres Brewster lui-même, à l'idée de l'existence d'une *réflexion moléculaire.* Or, j'ai opéré sur des substances dont les indices de réfraction différaient beaucoup, et toujours j'ai observé que la polarisation du faisceau par le nuage naissant est *absolument indépendante de l'angle de polarisation.* La loi de Brewster ne s'applique donc pas à la matière dans cette condition, et il reste à expliquer ce fait par la théorie de l'ondulation. Tant que les particules précipitées sont suffisamment fines, quelle que soit la substance dont elles sont formées, la direction du maximum de polarisation est à angle droit avec le rayon éclairant, l'angle de polarisation étant invariablement de 45° pour la matière dans cette condition. Je considère ce point comme ayant une importance capitale dans la question qui nous occupe [1].

[1] La difficulté dont je viens de parler a été exposée en ces termes par Sir John Herschell : « La cause de la polarisation est évidemment une réflexion de la lumière solaire sur *quelque chose.* La question est de savoir sur quoi ? Si l'angle de maximum de polarisation était de

Il n'y a pas de doute que des *particules d'eau* produiraient les mêmes effets, si on pouvait les obtenir à cet état de division excessive, et je crois que l'on peut considérer comme certaine leur existence dans cette condition dans les régions les plus élevées de l'atmosphère. En tout cas, il n'est pas nécessaire de recourir à une autre hypothèse pour rendre complétement compte de la couleur bleue du firmament et de la polarisation de la lumière du ciel [1].

Supposons que notre atmosphère soit entourée d'une enceinte imperméable à la lumière, mais percée d'une ouverture du côté du soleil, par laquelle pénétrerait un faisceau de rayons parallèles qui traverseraient l'atmosphère. Entouré de toutes parts, par de l'air, qui ne serait pas éclairé directement, la trace de ce faisceau ressemblerait à celle du faisceau, projeté par la lampe électrique, au travers d'un nuage naissant. Le faisceau de rayons

76°, nous pourrions conclure que le corps réfléchissant est de l'eau ou de la glace, quelque difficile qu'il fût de concevoir l'existence de particules d'eau non évaporée dans une atmosphère sans nuage par une chaude journée d'été. Mais quoique telle ait été autrefois notre opinion, des observations faites avec soin nous ont convaincu que cet angle est de 90° ou environ, et par conséquent, quel que soit le corps réfléchissant, si la lumière est *polarisée par une simple réflexion*, l'angle de polarisation doit être de 45° et l'indice de réfraction, qui est la tangente de cet angle, doit être l'unité : en d'autres termes il faudrait que la réflexion s'effectuât *dans* l'air sur *l'air.*» (*Météorologie*, page 233.)

[1] Toute espèce de particules, si elles sont suffisamment petites, produisent la couleur et la polarisation du ciel. Mais l'existence de petites particules dans une chaude journée d'été, *dans les régions élevées de notre atmosphère*, est-elle inconcevable ? Il faut se rappeler que l'oxygène et l'azote de l'air se comportent comme le vide à l'égard de la chaleur rayonnante ; la vapeur excessivement raréfiée des parties supérieures de l'atmosphère est par conséquent comme en contact avec le froid de l'espace.

solaire paraîtrait *bleu*, et il émettrait latéralement de la lumière, dans une condition exactement la même que celle qui est émise par celle du nuage naissant. Dans le fait, la teinte azurée mise en évidence par un faisceau de rayons de cette nature répondrait à tous égards à ce que nous avons appelé un nuage bleu[1].

Quant à ce qui concerne la polarisation du ciel, on sait que non-seulement la direction du maximum de polarisation est à angle droit avec la direction des rayons solaires, mais encore qu'à certaines distances angulaires du soleil, probablement variables, il existe des points neutres, ou sans polarisation, des deux côtés desquels les plans de polarisation atmosphérique sont à angles droits l'un de l'autre.

J'ai fait différentes observations sur ce sujet; je me réserve d'y revenir, mais en attendant un examen plus complet de cette question, je présente à la Société royale les observations et les faits suivants qui s'y rapportent.

Le faisceau de rayons parallèles employé dans les expériences, décrites ci-dessus, traçait sa route au travers de l'air du laboratoire, exactement comme les rayons solaires le font dans l'air poussiéreux de Londres. J'ai quelques raisons de croire qu'une grande portion de la

[1] Les résultats précédents confirment l'opinion de Sir John Herschell, qui considérait la polarisation et la couleur bleue du ciel comme deux faits connexes. « Plus on étudie le sujet (la polarisation de la lumière du ciel), dit cet éminent physicien, plus on le trouve entouré de difficultés, et son explication, si on la découvre, entraînera probablement avec elle celle de la couleur bleue du ciel et de la grande quantité de lumière qu'il nous envoie..... Nous pouvons faire observer en outre, ajoute-t-il, que c'est seulement lorsque la pureté du ciel est complète que la polarisation présente son plus haut degré de développement, et que dès que la moindre apparence de cirri tend à se manifester, elle diminue considérablement. » Ce passage peut s'appliquer mot pour mot au « nuage naissant. »

matière flottant ainsi dans l'air du laboratoire, consiste en germes organiques, qui sont capables de donner à l'air une teinte bleue perceptible. Cet air présentait, quoique avec une beaucoup moindre vivacité, tous les effets de polarisation, obtenus avec le nuage naissant. La lumière, émise latéralement, par la trace du faisceau éclairant, était polarisée, quoique imparfaitement, la direction du maximum de polarisation étant à angle droit avec le faisceau.

La colonne d'air horizontale ainsi illuminée avait 18 pieds de long; on pouvait par conséquent la regarder très-obliquement sans être gêné par une enveloppe solide. Sur la longueur entière du faisceau la lumière émise normalement présentait le même état de polarisation. En maintenant le Nicol et le gypse, dans une position analogue, on observait les mêmes couleurs sur toutes les parties du faisceau, lorsque le rayon visuel était perpendiculaire à sa longueur.

Ensuite, en me plaçant près de l'extrémité du faisceau, à sa sortie de la lampe électrique, et en le regardant de plus en plus obliquement au travers du Nicol et du gypse, j'observais des couleurs s'affaiblissant de plus en plus, jusqu'en un point où elles disparaissaient; en augmentant encore l'obliquité, les couleurs apparaissaient de nouveau, *mais elles étaient alors complémentaires de celles qu'on avait observées d'abord.*

Ainsi, comme le ciel, ce faisceau présentait un point neutre, des deux côtés duquel la lumière était polarisée, dans des plans parallèles l'un à l'autre.

Pensant que l'action observée dans le laboratoire pourrait provenir de fumées ou de vapeurs, diffusées dans l'air, je fis monter une pile et une lampe électrique dans

une salle située au haut de l'institution royale. La trace de ce faisceau se voyait très-distinctement dans l'air de cette chambre, sur une longueur de 14 ou 15 pieds; ce faisceau produisait les effets qui avaient été observés précédemment, dans le laboratoire; même la lumière électrique non concentrée, tombant sur les particules en suspension, produisait les effets de polarisation, quoique à un faible degré[1].

Quand l'air était assez pur, pour que l'on ne pût distinguer aucune matière en suspension, il n'exerçait plus aucune action sensible sur la lumière, et se comportait comme le vide.

J'avais déjà varié de plusieurs manières mes expériences sur le point neutre, en opérant tour à tour sur des fumées de chlorhydrate d'ammoniaque, de papier brun et de tabac, lorsque mon attention fut attirée, par Sir Charles Wheatstone sur une observation importante, communiquée en 1860 à l'Académie de Paris, par le professeur Govi de Turin[2]. Dans ses recherches sur la lumière des comètes, M. Govi avait été conduit à étudier un faisceau lumineux projeté dans une chambre contenant de la fumée d'encens ou de tabac. Dans une première communication très-brève il signala le fait de la polarisation produite par cette fumée, et dans une seconde communication il annonça la découverte d'un point neutre dans le faisceau, des deux côtés duquel la lumière était polarisée dans des plans formant entre eux un angle droit.

Mais contrairement à mes observations sur l'air du laboratoire, et contrairement à ce qui a lieu pour le ciel,

[1] J'espère pouvoir répéter l'expérience l'été prochain sur l'air des Alpes.

[2] *Comptes rendus*, tome LI, p. 660, 669.

la direction du maximum de polarisation dans les expériences de M. Govi formait un très-petit angle avec la direction du rayon éclairant. J'ignore si M. Govi ou d'autres observateurs ont poussé plus loin les recherches sur ce point.

Comme je l'ai déjà dit, dans les expériences faites avec le tube expérimental, à mesure que le nuage devenait plus dense, la polarisation de la lumière émise à angle droit du rayon allait en s'affaiblissant et la direction du maximum de polarisation devenait oblique relativement au faisceau. Des expériences sur les fumées du chlorhydrate d'ammoniaque me donnèrent aussi lieu de présumer que la position du point neutre *n'est pas constante*, mais qu'elle varie avec la densité de la fumée éclairée.

L'étude de ces questions m'a conduit à des résultats nouveaux et remarquables. Le laboratoire étant complétement rempli de fumée d'encens, à laquelle on avait laissé le temps de se diffuser uniformément, on projeta le rayon électrique au travers de cette fumée. La traînée lumineuse émettait de la lumière polarisée, mais la direction du maximum de polarisation, au lieu d'être perpendiculaire au faisceau éclairant, formait alors avec lui un angle de 12 à 13 degrés.

On observait aussi un point neutre avec des effets complémentaires des deux côtés. L'angle compris entre l'axe du faisceau et la ligne tirée du point neutre à l'œil de l'observateur, mesurait 66° dans cette première expérience.

On ouvrit alors pendant quelques minutes les fenêtres pour laisser échapper une partie de la fumée d'encens. En refermant ensuite la salle et en observant le faisceau,

on trouva que la ligne de vision dirigée sur le point neutre formait avec le faisceau un angle de 63°.

On ouvrit une seconde fois les fenêtres pour faire dissiper encore une partie de la fumée. Puis on mesura cet angle que l'on trouva de 54°.

Les mêmes opérations furent répétées à plusieurs reprises, et chaque fois le point neutre s'éloignait sur le faisceau, l'angle du rayon visuel passant par le point neutre avec l'axe du rayon éclairant tombant successivement de 54° à 49°,43, et 33 degrés.

Les distances, approximativement mesurées, du point neutre à la lampe dans la précédente série d'expériences étaient de :

1re	observation,	2	pieds	2	pouces.
2me	»	2	»	6	»
3me	»	2	»	10	»
4me	»	3	»	2	»
5me	»	3	»	7	»
6me	»	4	»	6	»

A la fin de cette série, la direction du maximum de polarisation était redevenu normal au faisceau éclairant.

Ensuite on remplit le laboratoire de fumée de poudre à canon. Dans cinq expériences successives, correspondant à cinq états de densité de la fumée, les angles compris entre le faisceau et le rayon visuel dirigés sur le point neutre étaient de 63, 50, 47, 42 et 38 degrés.

Après avoir laissé se dissiper complétement la fumée de poudre à canon, on remplit le laboratoire de fumée de résine ordinaire en assez grande quantité pour que la respiration fût très-gênée. Dans ce cas la direction du maximum de polarisation formait un angle de 12° environ avec l'axe du faisceau éclairant. En se plaçant près de la lampe et en regardant la traînée lumineuse comme

précédemment, on n'observait *aucun point neutre* sur toute sa longueu r

En regardant le faisceau normalement à travers le Nicol et le gypse, le système d'anneaux colorés était distinct mais peu brillant. En continuant à observer dans la même position au travers du gypse, tandis que l'on avait ouvert les fenêtres en laissant les volets fermés de manière que la fumée se dissipât lentement, on vit les anneaux colorés devenir plus pâles et finir par disparaître. En continuant encore à regarder normalement, les anneaux reparurent, mais ils étaient complémentaires des précédents. *Ainsi le point neutre avait passé devant moi dans son mouvement le long du faisceau par suite de l'atténuation de la fumée de résine.*

Avec les fumées chlorhydrate d'ammoniaque on obtient sensiblement les mêmes résultats que ceux qui viennent d'être décrits. Les faits que j'ai exposés suffiront, je pense, à mettre en évidence la variabilité de position du point neutre. Quant à l'explication des résultats, il faudra que la théorie des ondulations cherche à la découvrir.

Avant de quitter la question du renversement de la polarisation par les substances à l'état de fumée, je dois ajouter une ou deux observations. Quelques-uns des nuages formés dans les expériences sur l'action chimique de la lumière, présentent des formes très-étonnantes. Le tube expérimental est souvent divisé en segments de nuages denses, séparés par des nœuds de matière plus fine ; en le regardant normalement on a observé jusqu'à quatre renversements du plan de polarisation, en passant d'un nœud à un segment, et d'un segment à un nœud. Avec les fumées diffusées dans le laboratoire, au contraire, il n'y avait aucun changement de polarisation sur

toute sa longueur : en effet, dans ce cas, il n'existe pas dans la texture du nuage de différence produisant ce renversement.

En outre, en faisant arriver dans le faisceau éclairant une bouffée de fumée de tabac ou de vapeur condensée, l'éclat des couleurs peut être considérablement augmenté. Mais avec des nuages différents, on produit deux sortes d'effets divers : par exemple si l'on porte au maximum d'intensité le système d'anneaux observé dans l'air ordinaire, puis que l'on fasse pénétrer un nuage atténué de chlorhydrate d'ammoniaque, dans le faisceau, au point que l'on regarde, alors le système d'anneaux apparaît avec plus d'éclat, tandis que le sens de la polarisation reste le même. Tel est encore le cas, lorsqu'on brûle du phosphore ou du soufre au-dessous du faisceau, de manière à y introduire de fines particules d'acide phosphorique ou de soufre. Avec les fumées de soufre l'éclat des couleurs augmente énormément, mais, dans tous les cas, il n'y a pas de changement de sens dans la polarisation.

Au contraire, une bouffée de vapeur d'eau condensée, ou les fumées d'acide chlorhydrique, iodhydrique ou nitrique, introduites dans le rayon, produisent un renversement complet des teintes observées avec le gypse. Tous ces nuages-là font tourner le plan de polarisation de 90°.

Je continue mes expériences sur ce sujet et sur quelques points qui s'y rapportent.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

H. Wild. Ueber die Lichtabsorption, etc. Du pouvoir absorbant de l'air pour la lumière. (*Mittheilungen der bernischen naturforschenden Gesellschaft*, 1868).

Dans un précédent travail[1], l'auteur avait déjà repris cette question à la suite de M. A. de la Rive et du maréchal Vaillant. Mais opérant en plein air et dans des circonstances assez variables, il n'avait pu parvenir encore à des résultats suffisamment précis. Il reconnut cependant que le pouvoir absorbant de l'air pour la lumière était beaucoup plus grand qu'on n'aurait pu s'y attendre; dès lors il ne lui était plus nécessaire d'opérer sur une longue colonne d'air et avec des écrans situés à 20 ou 30^m l'un de l'autre, comme il l'avait fait dans ses premières recherches, mais il pouvait continuer ses expériences sur un plus petit espace, et avec des conditions plus normales, dans l'intérieur de son laboratoire.

L'appareil dont il s'est servi pour son dernier travail, se compose de deux tubes semblables, de 4^m de longueur, 0^m,1 de diamètre fermés à leurs deux extrémités par des plaques de verre, et, munis de plusieurs diaphragmes de 0^m,06 d'ouverture. Ces deux tubes sont disposés immédiatement en avant des deux objectifs du photomètre de M. Wild, et cela de manière à converger tous deux exactement sur un seul et même point d'une fenêtre formée par une feuille de papier huilé. Celle-ci a un diamètre de 0^m,3 ; elle est en papier à dessiner d'une texture très-homogène; en outre, pendant l'expérience on la faisait tourner très-rapidement autour d'un axe horizontal passant par son centre de manière à obtenir une surface blanche très-uniformémeut éclairée. Avant d'arriver

[1] *Mittheilungen*, n°s 646-648, et *Archives*, 1868, t. XXXI, p. 308.

dans les tubes, les rayons lumineux provenant de cette fenêtre traversaient une boîte noircie à l'intérieur, et destinée ainsi que les diaphragmes à ne laisser parvenir au photomètre absolument que les rayons directs. Cette boîte avait du côté de la fenêtre une ouverture de 0^m,1 de diamètre et s'adaptait exactement sur les bouts des deux tubes à l'autre extrémité. Les deux tubes pouvaient à l'aide de robinets être mis en communication avec une machine pneumatique, un appareil à dessécher et à filtrer les gaz, ou directement avec l'air extérieur.

Cette disposition de l'appareil éliminait la principale source d'erreur des expériences précédentes, en ce que c'était la lumière d'un seul et même point de la fenêtre qui pénétrait au travers des deux tubes jusqu'au photomètre, de telle sorte que le rapport des quantités de lumière passant par l'un et l'autre tube était constant pendant toute la durée d'une même expérience, au lieu de varier avec les circonstances atmosphériques comme pour les expériences faites précédemment en plein air.

Cela étant, l'expérience consistait à faire d'abord le vide dans les deux tubes, et à remplir ensuite le premier d'air sec et filtré en laissant le second vide de manière à comparer leurs transparences ; puis à faire le vide dans le premier, et à remplir ensuite le second d'air sec et filtré, — ainsi de suite alternativement.

Quatre séries d'expériences ont été faites de la sorte dont la première qui n'était qu'à titre d'essai a dû être laissée de côté; les trois autres exécutées les 27, 30 et 31 mars de cette année ont donné les résultats suivants, pour la valeur du coefficient de transparence de l'air sec et filtré :

Date.	Coefficient de transparence.	Pression.	Température.
Mars 27	0,99458	715^{mm}	12°
	0,99288		
» 30	0,99724	718^{mm}	9°
	0,99537		
» 31	0,99712	720^{mm}	11°

Ces chiffres représentent la proportion de lumière qui traverse une colonne d'air de 1ᵐ de longueur. D'après ce tableau l'on voit que la transparence de l'air dans l'intérieur des tubes a été en croissant de la première expérience à la troisième et cela de quantités qui dépassent de beaucoup les erreurs possibles d'observation. Cela tenait évidemment à ce que les tubes, avant d'avoir été employés renfermaient une quantité notable de poussière, qui n'était extraite que lentement par la machine pneumatique et qui à chaque rentrée d'air se mélangeait à ce gaz de manière à en diminuer la transparence. La sensibilité de l'appareil et l'importance du rôle joué par la poussière dans la transparence de l'air sont telles que le seul fait de la poussière de soufre entraînée par le passage de l'air dans le tube adducteur de caoutchouc, a suffi pour faire varier la transparence de cet air. D'après cela, pour déduire des résultats qui précèdent le *coefficient de transparence de l'air sec à peu près débarrassé de poussière*, il faut prendre la moyenne des deux chiffres les plus forts, ce qui donne pour la valeur de ce coefficient :

$$a = 0,99718$$

à une température de 10° C. et sous une pression de 719ᵐᵐ.

Ayant ainsi reconnu l'influence de la poussière, l'auteur passe à celle de l'humidité de l'air et cela en opérant la rentrée de l'air dans les tubes, tantôt par un appareil à dessécher, tantôt par un tube rempli de morceaux de verre mouillés d'eau distillée.

Deux séries d'expériences exécutées le 31 mars et le 1er avril ont donné comme *coefficient de transparence pour l'air sensiblement débarrassé de poussière et saturé de vapeur d'eau à 13° C.*

$$a_1 = 0,99030$$

D'après ces résultats, une couche d'air sec de 100ᵐ d'épaisseur laisserait passer les $^3/_4$ de la lumière incidente, tandis

qu'une couche d'air humide de même épaisseur ne laisserait passer que les $^3/_8$ de la lumière incidente.

L'auteur ayant conçu des doutes sur l'exactitude d'un résultat aussi surprenant, répéta la même expérience en plaçant cette fois les deux tubes à la suite l'un de l'autre en avant de l'un des objectifs du photomètre, tandis que l'autre recevait directement les rayons arrivant de la fenêtre au travers de l'air libre de la chambre rendue pour cela presque complétement obscure. Le système des deux tubes était rempli tantôt d'air sec tantôt d'air humide. Cette nouvelle expérience quoique moins exacte que les précédentes servit néanmoins à les confirmer en donnant une différence encore plus grande pour le pouvoir absorbant de l'air sec et de l'air humide.

Etant donné, cette influence si considérable de l'humidité de l'air sur son pouvoir absorbant, il s'agissait de l'expliquer. Or, on ne peut pas l'attribuer à la formation d'un petit brouillard, car l'air est à peine saturé d'eau après avoir passé rapidement sur du verre mouillé à une température plutôt inférieure à celle qui règne dans l'intérieur des deux grands tubes Il n'a constaté d'ailleurs aucune diffraction analogue à celle que produisent les nuages. Cette absorption de lumière si forte ne tenait pas non plus au fait que la poussière fut plus mélangée à l'air dans le tube humide que dans le tube sec, car l'introduction de l'air humide avait lieu avant celle de l'air sec. Il ne restait donc plus guère que cette hypothèse, c'est qu'il se formât une couche d'eau sur les plaques de verre fermant les tubes à leurs extrémités. Pour voir si cela était, l'auteur disposa deux petits tubes de $0^m,1$ de long à la suite des deux grands, devant le tube humide un tube sec et devant le tube sec un tube humide, de la sorte l'action des plaques de verre fut annulée en grande partie, et en effet, le pouvoir absorbant de l'air humide fut trouvé moins considérable. Dans cette nouvelle série d'expériences, l'auteur étudia aussi l'action des mouvements de l'air et il en déduisit comme *coef-*

ficient de transparence de l'air à peu près débarrassé de poussière et saturé de vapeur à 14° C.

$$a_1 = 0{,}99328$$

et comme *coefficient de transparence de l'air sec à peu près débarrassé de poussière mais agité :*

$$a_2 = 0{,}98705.$$

L'auteur attribue cette diminution si considérable. de la transparence par le fait de l'agitation de l'air non-seulement aux réflexions et réfractions irrégulières que le maréchal Vaillant invoque dans sa théorie, mais surtout aux tourbillons de poussière qui accompagnent cette agitation.

L'influence de la poussière paraît en effet considérable, car outre les résultats indiqués plus haut, l'auteur a trouvé pour *coefficient de transparence de l'air de chambre non filtré:*

$$a_3 = 0{,}99500.$$

Les conclusions auxquelles M. Wild est arrivé jusqu'ici, sont donc les suivantes :

1° La poussière suspendue dans l'air diminue sa transparence à un très-haut degré ;

2° L'on ne peut débarrasser que lentement et à l'aide de précautions toutes spéciales, l'air contenu dans un tube de la poussière qui y est suspendue ;

3° Toute agitation de l'air en tant qu'elle fait varier la densité dans l'intérieur de la colonne d'air ou qu'elle produit des tourbillonnements de poussière, diminue sensiblement sa transparence ;

4° De l'air à peu près débarrassé de poussière exerce une action absorbante plus grande sur la lumière quand il est saturé de vapeur d'eau que lorsqu'il est sec.

Voici maintenant le tableau comparatif des différents résultats auxquels l'auteur s'est arrêté comme exprimant exactement la transparence de l'air dans les différentes circonstances qu'il a étudiées :

Température.	Pression.	Humidité relative.	Qualité de l'air.	Coefficient.
24°	722	0,55	air extérieur	0,9961
20°	715	0,60	air de chambre avec poussière	0,9952
10°	719	0,00	sans poussière	0,9972
14°	718	0,99	sans poussière	0,9933
13°	717	0,00	sans poussière et agité	0,9870
14°	720	0,60	air de chambre avec poussière	0,9950

L'auteur complétera prochainement ces recherches et compte étudier encore l'action de la température qui est importante surtout dans le cas de l'air humide et l'influence de la couleur de la lumière. Il considère ses dernières expériences comme confirmant l'idée de M. A. de la Rive, d'après laquelle la grande transparence de l'air en cas de pluie imminente, tiendrait non à son humidité, mais à la diminution de la poussière et des germes organiques qui sont en suspension dans l'air. M. Wild croit du reste qu'à côté de cette action prépondérante de la poussière les effets invoqués par le maréchal Vaillant jouent aussi un certain rôle.

E. S.

C. Schultz. Ueber die Bedingungen, etc. Sur les conditions de la décharge de l'électricité a travers l'air raréfié. (*Pogg. Ann.*, v. CXXXV, p. 249.)

Les nombreuses recherches qui ont été déjà faites sur ce point de la science par divers physiciens ont établi qu'une colonne gazeuse d'une longueur et d'une section données, commence à laisser passer un courant d'induction d'une tension donnée aussi à un certain degré de vide, puisque sa conductibilité toutes conditions égales d'ailleurs croît à mesure que sa pression décroît jusqu'à ce que celle-ci ait atteint une certaine limite à laquelle la conductibilité devient maxima pour décroître ensuite très-rapidement à mesure qu'on se rapproche du vide absolu pour lequel elle est nulle. On ne

peut pas dire d'une manière absolue comme l'a fait M. Morren, qu'un gaz commence à laisser passer le courant induit à une pression déterminée, ni que sa conductibilité devienne maxima à une pression également déterminée, car ces limites varient avec la longueur et la section de la colonne gazeuse traversée par le courant ainsi qu'avec la tension de ce courant. Ce sont ces différentes causes de variation que l'auteur s'est principalement appliqué à étudier.

L'auteur constate tout d'abord l'influence en quelque sorte évidente de la tension du courant induit. Etant parvenu en effet au moyen d'une pompe pneumatique de Geissler à produire dans un tube un degré de vide suffisant pour empêcher complétement le passage du courant d'une machine de Rhumkorff, il rétablit ce passage en augmentant l'intensité du courant inducteur; ayant continué ensuite à faire le vide, il rendit de nouveau impossible le passage du courant induit, mais la décharge plus forte d'une machine de Holtz traversait encore le gaz ainsi raréfié.

L'auteur se servit toujours dans la suite de ses expériences d'une machine de Holtz, à cause de la facilité avec laquelle elle fournit de l'électricité à une haute tension. Quant à cette tension, il l'appréciait en mesurant la longueur de l'étincelle produite au travers de l'air libre par le courant induit minimum capable de traverser l'air raréfié. A cet effet, il réunissait les deux pôles de la machine de Holtz d'une part avec les deux extrémités de son tube à air raréfié, d'autre part avec un petit appareil composé de deux boules entre lesquelles jaillissait l'étincelle électrique et susceptibles de se rapprocher l'une de l'autre à l'aide d'une vis micrométrique indiquant exactement leur écartement et la longueur de l'étincelle. L'écartement des boules pour lequel la décharge passait presque indifféremment entre elles ou au travers du tube donnait la mesure de la tension électrique dans ce tube. L'auteur n'ayant pas de manomètre suffisamment sensible pour mesurer les pressions excessivement basses qu'il a pu atteindre

avec la pompe de Geissler, les appréciait d'après le nombre des coups de pompe; or, ce n'est peut-être pas là un procédé des plus rigoureux, car il est difficile de savoir jusqu'à quel point l'adhérence de l'air aux parois du tube ou d'autres causes analogues permettent le jeu parfaitement régulier de la pompe à ces basses pressions. En effet, d'après ses appréciations il aurait été jusqu'à $0^{mm},002$ chiffre qui évidemment ne peut être qu'une approximation. Cette insécurité ne diminue du reste en rien la valeur de ces expériences par le fait que c'est à des pressions beaucoup moins basses que la conductibilité du gaz atteint son maximum. Toutes les précautions avaient été prises d'ailleurs pour dessécher ces tubes et en particulier on les avait chauffés au rouge pendant qu'on les faisait traverser par un courant d'air sec. Les électrodes étaient de simples fils de platine comme dans les tubes de Geissler. Cela étant et avec un tube ayant 15^{mm} de section et 50^{mm} de longueur comptés entre les électrodes de platine, l'auteur a trouvé que la conductibilité devenait maxima à une pression de $0^{mm},9$; pour un tube de 16^{mm} de diamètre et 90^{mm} de long cette limite était à une pression comprise entre $0^{mm},37$ et $0^{mm},085$.

Voulant ensuite se rendre compte de l'influence de la section, l'auteur prit un tube capillaire de $0^{mm},5$ de section et de 90^{mm} de longueur et trouva que la conductibilité devenait maxima vers $2^{mm},5$ de pression sans être jamais aussi grande qu'avec les tubes plus larges; elle diminuait ensuite avec la même rapidité que dans ceux-ci. La comparaison de tubes très-courts 2^{mm}, $0^{mm},5$, $0^{mm},25$ avec des tubes plus longs montra qu'au-dessus de la pression à laquelle elle devient minima la résistance d'une colonne gazeuse est proportionnelle à sa longueur, mais que passé cette limite la résistance recommence à croître indépendamment de la distance des électrodes. Des électrodes en forme de disque donnèrent le même résultat que les fils de platine, et des fils de platine enfermés dans un petit tube de verre de manière à ne présenter que leur

extrémité libre, montrèrent le même effet que les tubes capillaires, c'est-à-dire une résistance plus grande atteignant son minimum déjà à 2^{mm} ou 3^{mm}.

On pourrait voir une cause d'erreur dans la présence des vapeurs mercurielles provenant de la pompe ; néanmoins il n'en est rien comme l'auteur s'en est convaincu en prenant dans l'un de ces tubes du mercure comme électrode et retrouvant encore les mêmes résultats qu'auparavant. En revanche, la nature du verre dont est formé le tube joue un rôle par le fait de sa plus ou moins grande facilité à prendre une charge électrique ; si l'on augmente cette charge du tube en l'enveloppant à ses deux extrémités de papier d'étain relié aux électrodes, on facilite sensiblement le passage de la décharge. La fluorescence qui se manifeste toujours au pôle négatif apparaît aussi dans ce cas en plusieurs points isolés du verre où probablement il s'accomplit des décharges partielles.

De tout ceci il ressort comme résultat essentiel, que la résistance d'une colonne gazeuse est à peu près proportionnelle à sa longueur, mais qu'au delà de la limite à laquelle elle devient minima, elle croît indépendamment de la distance des électrodes. E. S.

H. Geissler. Neue Erfahrungen, etc. Nouveaux faits dans le domaine des effets lumineux de l'électricité. (*Pogg. Ann.*, v. CXXXV, p. 332.)

M. Geissler a déjà montré en mai 1867, dans une réunion d'une société allemande, des phénomènes électriques lumineux tout nouveaux qui viennent se joindre à tant d'autres dont les tubes qui portent son nom ont fourni l'étude. Il s'agit ici de tubes du même genre, mais de propriétés toutes différentes, que l'on peut rendre lumineux par le simple frottement. Dans un large tube en verre est enfermé un autre tube plus étroit ayant la forme d'une spirale et soudé à ses

deux extrémités dans le plus grand. Ce dernier renferme un gaz à la pression ordinaire tandis qu'on fait le vide dans le plus petit. Quand on frotte un semblable tube dans le sens de sa longueur, la spirale intérieure devient lumineuse, la couleur et l'intensité de cette lumière variant avec la nature et la quantité du gaz raréfié renfermé dans la spirale, ainsi la lumière produite par l'azote est rouge foncé, l'hydrogène, rouge pâle, l'acide carbonique blanchâtre. On peut employer pour frotter ces tubes tout tissu ou toute matière servant à produire de l'électricité par frottement, surtout de la soie, de la laine ou du coton avec de l'amalgame, même du papier ; mieux une peau de chat, ou mieux encore un morceau de caoutchouc durci comme ceux dont on se sert pour charger la machine de Holz. Quand après avoir déjà frotté le tube sur la peau de chat on passe dessus dans le sens de la longueur avec un morceau de caoutchouc électrisé lui-même, on voit ce tube devenir lumineux de la même manière que s'il avait deux électrodes à ses deux extrémités et qu'on fit passer au travers un faible courant ou l'étincelle de la machine électrique. Il n'est pas même nécessaire de toucher le tube avec le morceau de caoutchouc, celui-ci agit déjà à 6 ou 7^{cm} de distance. M. Geissler a construit de petits appareils semblables de différentes dimensions et en variant de diverses manières la forme du tube intérieur.

Après avoir longtemps brillé sous l'action prolongée du frottement les grands tubes présentent encore pendant quelques minutes des éclairements partiels, des sortes de petites décharges en différents points de la spirale. Ce dernier phénomène est beaucoup plus marqué en hiver par un temps froid qu'en été, et aussi quand on frotte avec un épais morceau de laine plus que quand on se sert de la peau de chat. L'auteur ne fait aucune hypothèse sur la cause qui produit cette lumière dans l'intérieur du tube et ne dit pas en particulier si on peut l'attribuer à une décharge partielle à travers le tube intérieur de l'électricité produite par frottement sur le tube extérieur.

Dans la même note, l'auteur donne quelques détails nouveaux sur la propriété du mercure de devenir lumineux quand on le secoue dans un tube vide d'air. Il a construit un très-grand nombre de ces tubes et a trouvé que dans des conditions en apparence identiques la lumière produite est souvent très-différente. Il a été impossible de conclure en particulier quel est le degré de vide qui produit l'effet le plus intense, parce qu'il arrivait souvent que de deux tubes où il avait fait exactement le même degré de vide, l'un émettait une lumière très-vive, tandis que l'autre demeurait complétement obscur. En revanche, l'effet produit par la nature du gaz est toujours le même, l'azote donne une lumière rouge, l'hydrogène une lumière jaunâtre. L'acide carbonique, l'oxyde de carbone et l'ammoniaque ne donnent que peu ou point de lumière. De petites quantités de métaux étrangers mélangés au mercure n'ont rien donné, l'or et l'argent exceptés qui laissent subsister la propriété du mercure de devenir lumineux; tous les autres métaux, tels que étain, plomb, zinc, bismuth, etc., font cesser toute production de lumière.

Ces tubes ont parfois un éclat suffisant pour que M. Geissler admette l'idée qu'ils pourront peut-être une fois avec de nouveaux perfectionnements remplacer avantageusement la lampe de Davy. E. S.

CHIMIE.

Th. Graham. Sur l'hydrogène dans ses rapports avec le palladium. (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences* du 18 janvier 1869, tome LXVIII, p. 101.)

On a souvent affirmé, en se fondant sur des considérations chimiques, que le gaz hydrogène est la vapeur d'un métal extrêmement volatil. On est de même porté à croire que le palladium avec son hydrogène occlus n'est autre chose qu'un

alliage, dans lequel la volatilité de l'un des éléments est comprimée par son union avec l'autre, et qui doit son aspect métallique également aux deux corps qui le composent. On jugera jusqu'à quel point cette théorie est vérifiée par les faits, en lisant l'examen suivant des propriétés du corps, que je proposerais, en admettant son caractère métallique, d'appeler *hydrogénium.*

1. *Densité.*

La densité du palladium, après qu'il a été chargé de 800 ou 900 fois son volume de gaz hydrogène, s'abaisse sensiblement ; mais le changement qui s'opère ne peut se mesurer avec précision par la méthode ordinaire de l'immersion dans l'eau, à cause du dégagement continu de petites bulles d'hydrogène, qui paraît être causé par le contact avec le liquide. Toutefois, les dimensions linéaires du palladium chargé sont modifiées à tel point, qu'on peut facilement mesurer la différence, et l'on arrive ainsi par le calcul à la densité cherchée. Le palladium, sous forme de fil, se charge facilement d'hydrogène, lorsqu'on fait dégager ce gaz à la surface du métal dans un galvanomètre contenant de l'acide sulfurique étendu comme à l'ordinaire[1]. On a déterminé la longueur du fil avant et après la charge, en le tendant, au moyen d'un même poids assez faible pour ne pas produire une tension permanente, au-dessus de la surface d'une règle graduée. La règle avait été graduée au centième de pouce, et l'on pouvait lire jusqu'aux millièmes, au moyen d'un vernier. On notait la distance entre le point de rencontre de deux lignes fixes croisées, marquées sur le fil près de chaque extrémité.

Première expérience. — Le fil provenait de palladium forgé ; il était dur et élastique. Son diamètre était de $0^{mm},462$; sa densité, déterminée avec soin, de 12,38. On tordit le fil à chaque extrémité de manière à y faire un anneau, et on fit une marque aussi près que possible de chaque anneau. On vernit

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. LXVI, p. 1014 (1868).

les anneaux, de manière à limiter l'absorption du gaz à la partie contenue entre les deux marques. Pour tendre le fil, on fixa l'un des anneaux, et l'on fit passer dans l'autre une corde engagée dans une poulie et chargée de 1 ^{kil},5. poids suffisant pour tendre le fil, sans pourtant l'exposer à une tension excessive. On chargea le fil d'hydrogène en en faisant le pôle négatif d'une petite pile de Bunsen, composée de deux cellules, chacune de $^1/_2$ litre de capacité. Comme pôle positif on se servit d'un fil épais de platine, placé à côté du fil de palladium, et suivant ce dernier dans toute sa longueur dans l'intérieur d'un long bocal rempli d'acide sulfurique étendu. On exposa ainsi la surface du fil de palladium à l'hydrogène pendant une demi-heure. On s'assura qu'une exposition plus longue n'ajoutait pas sensiblement à la charge d'hydrogène acquise par le fil de palladium. On mesura le fil de nouveau, et l'on nota une augmentation en longueur. Enfin on l'essuya dans un linge, on le coupa à l'endroit des marques et on chauffa la portion chargée dans un tube de verre étroit, dans lequel le vide était maintenu au moyen d'un aspirateur Sprengel. La totalité de l'hydrogène occlus fut ainsi recueillie et mesurée, et le volume réduit par le calcul à la pression barométrique de 0^{m},760, et à la température de 0 degré centigrade.

La longueur du fil de palladium avant l'exposition était de 609^{mm},144, et son poids de 1^{gr},6832. La charge d'hydrogène qu'il reçut s'éleva à 936 fois son volume, mesurant 128 centimètres cubes, et pesant par conséquent 0^{gr},01147.

Après que le gaz eut été complétement chassé, on s'assura, par une pesée directe, que la perte avait été de 0^{gr},01164. Le fil chargé était de 618^{mm},923, ce qui répondait à une augmentation en longueur de 9^{mm},779. L'augmentation de la dimension linéaire est de 100 à 101,605, et celle de la capacité cubique, en supposant que l'expansion soit égale dans tous les sens, de 100 à 104,908. En admettant que les deux mé-

taux soient unis sans aucun changement de volume, on peut donc dire que l'alliage se compose de :

Palladium	100	ou 95,32
Hydrogénium	4,908	4,68
	104,908	100,00

La dilatation éprouvée par le palladium, si on l'envisageait comme un changement de volume opéré dans le métal lui-même par une force physique quelconque, serait énorme, car elle s'élève à 16 fois la dilatation du palladium chauffé de zéro à 100 degrés centigrades. La densité du fil chargé est réduite par le calcul de 12,3 à 11,79. De plus, le volume du palladium $0^{cc},1355$ est au volume de l'hydrogénium $0^{cc},006714$ comme 100 est à 4,91. Enfin, en divisant le poids de l'hydrogénium $0^{gr},01147$ par son volume dans l'alliage, $0^{cc},006714$, on trouve la densité de l'hydrogénium égale à 1,708.

La densité de l'hydrogénium serait donc très-voisine de celle du magnésium, 1,743, d'après cette première expérience. Un fil de palladium entièrement chargé d'hydrogène et frotté de magnésie (afin de rendre la flamme lumineuse) brûle comme un fil de lin imprégné de cire, quand on l'allume à la flamme d'une lampe.

On remarquera, en outre, que l'expulsion de l'hydrogène, quel que soit le moyen employé, est accompagnée d'une contraction extraordinaire du fil. Lorsqu'on chassa l'hydrogène par une douce chaleur, non-seulement le fil revint à sa longueur primitive, mais il tomba autant au-dessous qu'il s'était auparavant élevé au-dessus de ce zéro. Le fil de palladium qui mesurait d'abord $609^{mm},144$, et qui augmenta de $9^{mm},77$, se réduisit à $599^{mm},444$; il se contracta donc de $9^{mm},7$. La contraction est permanente. En même temps le palladium, loin d'augmenter, diminua de densité, c'est-à-dire qu'il tomba de 12,38 à 12,12, ce qui prouve que la contraction du fil s'était effectuée seulement en longueur. C'est l'inverse de l'extension du fil par le procédé de tréfilage. On pourrait peut-être expliquer le retrait du fil, en supposant que le tréfilage a

pour effet de laisser les molécules du métal dans un état de tension inégale, tension excessive dans le sens de la longueur du fil. Ces particules semblent devenir mobiles et reprendre leur équilibre à mesure que l'hydrogène se dégage, et le fil se contracte en longueur en même temps qu'il se dilate en sens contraire, ainsi que le démontre sa densité finale :

Deuxième expérience. — Une autre portion du même fil de palladium fut chargée d'hydrogène par le même procédé. On trouva les résultats suivants:

	mm
Longueur du fil de palladium.	488,976
Le même avec 857^{vol},15 de gaz occlus. .	495,656
Allongement linéaire.	6,68
Allongement linéaire sur 100	1,3663
Dilatation cubique sur 100.	4,154
Poids du fil de palladium.	1^{gr},0667
Volume du fil de palladium	0^{cc},08672
Volume du gaz hydrogène occlus	75^{cc},2
Poids du même	0^{gr},00684
Volume de l'hydrogénium	0^{cc},003601

Calculée d'après ces résultats, la densité de l'hydrogénium est 1,898.

Troisième expérience. — Le fil de palladium était neuf; on eut soin de le bien recuire avant de le charger d'hydrogène; il fut exposé au pôle négatif pendant deux heures, après quoi il cessa de s'allonger:

	mm
Longueur du fil de palladium.	556,185
Le même avec 888^{vol},303 d'hydrogène .	563,632
Allongement linéaire.	7,467
Allongement linéaire sur 100	1,324
Expansion cubique sur 100.	4,025
Poids du fil de palladium	1^{gr},1675
Volume du fil de palladium	0^{cc},0449
Volume du gaz hydrogène occlus. . . .	84^{cc},3
Poids du même.	0^{gr},007553
Volume de l'hydrogénium.	0^{cc},003820

D'après ces résultats, le calcul donne la densité de l'hydrogénium égale à 1,977.

Il était indispensable d'admettre, dans cette discussion, que les deux métaux ne se contractent ni ne se dilatent, mais qu'ils gardent leur volume propre en s'unissant. M. Matthiessen a démontré que généralement, dans la formation des alliages, les métaux conservent à peu près leurs densités primitives[1].

Il est probable que le maximum d'absorption du gaz par le fil, savoir $935^{vol},67$, fut atteint dans la première expérience déjà décrite. On peut charger le palladium d'une proportion quelconque d'hydrogène plus faible, en diminuant la durée de l'exposition au gaz (329 volumes d'hydrogène furent absorbés en vingt minutes), et l'on a ainsi un moyen d'observer si la densité de l'hydrogénium reste constante, ou si elle varie avec la proportion d'hydrogène contenu dans l'alliage. Dans la Table suivante, qui comprend les trois expériences déjà décrites, on n'a indiqué que les points essentiels :

Volumes d'hydrogène occlus.	Dilatation linéaire en millimètres		Densité de l'hydrogénium.
	de	à	
329	496,189	498,552	2,055
462	493,040	496,520	1,930
487	370,358	373,126	1,927
745	505,538	511,303	1,917
867	488,976	495,656	1,898
888	556,185	563,652	1,977
936	609,144	618,923	1,708

A ne comparer que la première et la dernière expérience, il semblerait que l'hydrogénium devient sensiblement plus dense quand la proportion en est faible, ainsi que le montrent les chiffres 1,708 et 2,055. Mais la dernière expérience est peut-être exceptionnelle, et toutes les autres indiquent une grande uniformité de densité. La densité moyenne de l'hy-

[1] *Philosophical Transactions*, 1860, p 177.

drogénium, d'après l'ensemble des expériences, mais en laissant de côté la dernière, est de 1,951, ou près de 2. Cette uniformité est en faveur de la méthode suivie dans la détermination de la densité de l'hydrogénium.

Quand on charge d'hydrogène et qu'on décharge à plusieurs reprises le même fil de palladium, on observe toujours le singulier *retrait* déjà décrit, qui paraît se reproduire indéfiniment.

Les dilatations ci-dessous, causées par une charge variable d'hydrogène, furent suivies, après l'expulsion du gaz, des retraits mentionnés en regard:

	Allongement.	Retrait.
	mm	mm
1re expérience	9,77	9,70
2e »	5,765	6,20
3e »	2,36	3,14
4e »	3,482	4,95
		23,99

Le fil de palladium, qui dans l'origine mesurait 609mm,144, a subi, après quatre décharges successives d'hydrogène, une contraction permanente de 23mm,99, c'est-à-dire une diminution de 5,9 pour 100 sur sa longueur primitive. Avec une autre portion de fil, après plusieurs décharges, la contraction s'éleva jusqu'à 15 pour 100 de la longueur primitive. On remarquera que les contractions sont plus considérables que les allongements correspondants, surtout dans le cas d'une faible charge d'hydrogène. La densité du fil contracté était de 12,12; il ne s'était donc produit aucune condensation générale des molécules du métal. Le fil se rétrécit en longueur seulement.

Dans les expériences précédentes, on chassa l'hydrogène en exposant le palladium, placé dans un tube de verre, à une chaleur modérée inférieure au rouge, et en faisant le vide au moyen d'un aspirateur Sprengel; mais on suivit aussi une autre méthode pour retirer le gaz; on employa le fil comme

électrode positive, et l'on produisit ainsi un dégagement d'oxygène à sa surface. Il se forme dans ces conditions une légère couche d'oxyde de palladium, mais elle ne paraît nullement s'opposer à l'extraction et à l'oxydation de l'hydrogène.

Le fil mesurait:

	mm	Différence.
Avant la charge.	443,25	
Avec l'hydrogène.	449,90	+ 6,68 mm
Après décharge.	437,31	— 5,94

Le retrait du fil n'exige donc pas l'emploi d'une haute température. Cette expérience démontre en outre qu'on peut enlever d'une manière complète une forte charge d'hydrogène en l'exposant au pôle positif, pendant quatre heures dans le cas actuel. Car le fil, après ce traitement, ne donna point d'hydrogène lorsqu'on le chauffa dans le vide.

Le même fil, qui avait déjà reçu plusieurs charges d'hydrogène, fut encore une fois exposé à une charge maxima, afin de savoir si son allongement sous l'influence de l'hydrogène pouvait ou non être facilité et devenir plus grand, à cause du retrait considérable qui l'avait précédé. Mais on ne constata rien de pareil, même après avoir chargé à plusieurs reprises le fil *rétracté*, et la dilatation conserva son rapport normal avec l'hydrogène absorbé. La densité finale du fil etait de 12,18.

Le fil rétracté a subi toutefois une modification d'un autre ordre, qui paraît indiquer un profond changement moléculaire. Ce métal perd peu à peu une grande partie de sa puissance d'absorption. Le dernier fil, qui avait déjà reçu six charges d'hydrogène, fut de nouveau soumis pendant deux heures à l'action de ce gaz, et n'absorba que 320 volumes; une nouvelle expérience donna $330^{vol},5$. Le pouvoir absorbant du palladium avait donc été réduit au tiers de son maximum. Toutefois, ce pouvoir parut augmenter sous l'influence d'une forte chaleur rouge, qu'on obtint en faisant passer à

travers le fil le courant électrique d'une pile. L'absorption s'éleva alors à 425 volumes d'hydrogène. Une seconde expérience fournit $422^{vol},5$.

On s'assura de l'effet d'un simple recuit sur la longueur du fil de palladium, en l'exposant dans un tube de porcelaine à une forte chaleur rouge. Le fil mesurait $556^{mm},075$ avant, et $555^{mm},875$ après le recuit; ce qui équivaut à un faible retrait de $0^{mm},2$. Dans une seconde expérience avec une même longueur d'un fil neuf, il ne se produisit dans la longueur du fil aucun changement appréciable. On ne serait donc nullement fondé à attribuer, en quoi que ce soit, le retrait du fil après l'expulsion de l'hydrogène à la chaleur employée pour chasser le gaz. Le fil de palladium n'est que très-légèrement modifié dans ses propriétés physiques par le procédé du recuit, et conserve en grande partie sa dureté et son élasticité primitives.

Le fil, après plusieurs décharges, se fendille longitudinalement, acquiert une structure semblable à celle du fil à coudre, et se désagrége profondément, surtout lorsque l'hydrogène a été chassé au moyen de l'électrolyse dans une liqueur acide. Dans ce dernier cas, l'acide dissout une petite quantité de palladium. Le métal semble en même temps recouvrer tout son pouvoir absorbant, car il est alors susceptible de condenser plus de 900 volumes d'hydrogène.

2. *Ténacité.*

Un fil de palladium neuf, semblable au dernier, et dont 100 millimètres pesaient $0^{gr},1987$, se rompit, dans des expériences faites sur deux portions différentes, sous un poids de 10 kilogrammes et de $10^{kil},17$. Deux autres portions du même fil complétement chargées d'hydrogène cédèrent à un poids de $8^{kil},18$ et de $8^{kil},27$. On a donc :

Ténacité du fil de palladium	100
» » » chargé d'hydrogène	81,29

La ténacité du palladium est donc amoindrie par l'addition

de l'hydrogène, mais d'une manière peu considérable, et l'on se demande si le degré de ténacité qui subsiste est compatible avec aucune autre théorie que celle qui envisage le second élément en présence comme doué lui-même de la ténacité qu'on observe dans les métaux.

3. *Conductibilité électrique.*

M. Becker, qui est fort au courant de la pratique des épreuves pour la détermination du degré de conductibilité électrique des fils métalliques, a essayé un fil de palladium, avant et après la charge d'hydrogène, comparativement avec un fil de maillechort de diamètre égal et de même longueur à 10°,5. On trouva pour les différents fils les degrés de conductibilité suivants, le cuivre pur étant égal à 100:

Cuivre pur.	100
Palladium.	8,10
Alliage de 80 pour 100 de cuivre et 20 pour 100 de nickel	6,63
Palladium et hydrogène..	5,99

On observe généralement une diminution dans le pouvoir conducteur des alliages ; aussi le palladium chargé tombe de 25 pour 100. Mais la conductibilité reste néanmoins considérable, et le résultat peut être regardé comme favorable au caractère métallique du second élément du fil.

4. *Magnétisme.*

Il a été constaté par Faraday, comme résultat de toutes ses expériences, que le palladium était *réellement, quoique faiblement, magnétique*, et ce corps a été placé par lui au nombre de ce qu'on appelle maintenant les *métaux paramagnétiques*. Mais le faible magnétisme du palladium ne s'étendait pas à ses combinaisons salines.

En répétant ces expériences, on se servit d'un électro-aimant de fer doux en fer à cheval, d'environ 15 centimètres de hauteur. Il pouvait supporter un poids de 60 kilogrammes

sous l'action de quatre grands éléments de Bunsen. On a ainsi un aimant d'induction d'une force ordinaire. L'instrument fut placé avec ses pôles dirigés en haut, chaque pôle étant pourvu d'un petit cube de fer doux se terminant littéralement par une pointe, comme une petite enclume. Le palladium soumis à l'expérience fut suspendu entre ces deux pointes au moyen d'un étrier de papier attaché à trois fibres de soie de cocon, d'une longueur de 3 décimètres, et le tout fut recouvert d'une cloche de verre. Un filament de verre attaché au papier se mouvait, en guise d'indicateur, autour d'un cercle de papier collé sur la cloche et divisé en degrés. Le métal, qui était un fragment oblong de palladium déposé par l'électricité, d'environ 8 millimètres de long et 3 millimètres de large, fut amené au repos dans une position équatoriale, c'est-à-dire avec ses extrémités également éloignées des pôles de l'aimant, lequel fut alors chargé par le contact avec la pile. On observa une légère déviation du palladium, de 10 degrés seulement, le magnétisme agissant contre la torsion du fil suspenseur. Le même palladium, chargé de $604^{vol},6$ d'hydrogène, éprouva une déflexion de 48 degrés et se mit alors au repos. Le gaz ayant été ensuite chassé, et le palladium placé de nouveau dans le sens de l'équateur par rapport aux pôles de l'aimant, il ne se produisit pas la plus faible déviation. Il est donc évident que l'hydrogène accroît le faible magnétisme du palladium. Afin d'établir quelques termes de comparaison, on plongea la même petite masse de palladium déposé par l'électricité dans une solution de sulfate de nickel, ayant une densité de 1,082, qu'on sait être magnétique. La déviation s'éleva dans ce cas à 35 degrés, c'est-à-dire qu'elle était moindre que dans le cas de l'hydrogène. Lavé ensuite, et imprégné d'une solution de protosulfate de fer d'une densité de 1,048 (2,3 pour 100 du poids du palladium était absorbé), le palladium indiqua une déviation de 50 degrés, ou environ la même qu'avec l'hydrogène. Avec une solution plus forte du même sel, d'une densité de 1,17,

la déflexion était de 90 degrés, et le palladium s'orienta dans la direction de l'axe.

Le palladium, sous forme de fil ou de feuille, n'éprouva aucune déviation, lorsqu'on le plaça dans le même appareil, dont la sensibilité médiocre était, dans ces circonstances, un véritable avantage. Mais, après avoir été chargé d'hydrogène, le palladium sous cette forme subit régulièrement une déviation de 20 degrés. Un lavage du fil ou de la feuille à l'acide chlorhydrique, dans le but d'enlever toutes traces possibles de fer, ne modifia pas ce résultat. Le palladium déposé d'une solution de cyanure, ou bien précipité au moyen de l'acide hypophosphoreux, et placé dans un tube de verre, ne montra pas dans notre appareil de propriétés magnétiques, mais il devint sensiblement magnétique après avoir été chargé d'hydrogène.

Il paraît donc que l'hydrogénium est magnétique, propriété qui n'appartient qu'aux métaux et à leurs combinaisons. Ce magnétisme n'est pas appréciable dans le gaz hydrogène qui a été classé par Faraday et par M. Edm. Becquerel au bas de la liste des corps diamagnétiques. On admet que ce gaz est sur la limite des corps paramagnétiques et diamagnétiques. Mais le magnétisme est si susceptible d'extinction sous l'influence de la chaleur, que cette propriété dans un métal peut très-bien disparaître entièrement lorsqu'il se trouve à l'état de fusion ou sous forme de vapeur, ce qui paraît avoir lieu pour l'hydrogène gazeux. De même que le palladium occupe un haut rang dans la série des métaux paramagnétiques, de même il faut admettre que l'hydrogénium s'élève au-dessus de cette classe et se range parmi les corps vraiment magnétiques, tels que le fer, le nickel, le cobalt, le chrome et le manganèse.

Le palladium et l'hydrogène à une haute température. — La facile perméabilité du palladium pour l'hydrogène, sous l'influence de la chaleur, implique la rétention de ce dernier élément par le métal même à la température du rouge vif.

L'hydrogénium doit se mouvoir, en effet, à travers le palladium par cémentation, procédé moléculaire qui exige du temps. Dans les premières tentatives qu'on entreprit pour arrêter l'hydrogène dans son passage à travers du métal rouge, on fit passer le gaz dans un tube de palladium chauffé, en dehors duquel on maintenait le vide, et immédiatement après un courant d'acide carbonique dans lequel on laissa refroidir le métal. En soumettant ensuite le palladium aux épreuves ordinaires, on n'y trouva aucune trace d'hydrogène. La courte exposition du métal à l'influence du gaz acide carbonique paraît avoir été suffisante pour dissiper l'hydrogène. Mais lorsqu'on chauffa au rouge la feuille de palladium dans la flamme de l'hydrogène, et qu'on la refroidit subitement en la plongeant dans l'eau, on trouva une faible proportion d'hydrogène renfermée dans le métal. Un volume de métal égal à $0^{cc},062$ abandonna $0^{cc},080$ d'hydrogène, c'est-à-dire que le volume du gaz mesuré à froid était égal à 1,306 fois celui du métal. Cette quantité de gaz équivaudrait à trois ou quatre fois le volume du métal à la température du rouge. Le platine traité de la même manière parut aussi fournir de l'hydrogène, mais la quantité était trop petite pour qu'on y pût compter et ne mesurait que les 0,06 du volume du métal. La perméabilité de ces métaux pour l'hydrogène est donc attribuable à leur pouvoir d'absorption, et paraît indépendante de toute hypothése relative à leur porosité.

La plus grande vitesse de perméabilité qu'on observa fut à raison de 4 litres d'hydrogène (3992 centimètres cubes) par minute au travers d'une plaque de palladium de 1 millimètre d'épaisseur et correspondant à 1 mètre carré de surface, à une vive chaleur rouge, très-peu inférieure au point de fusion de l'or. Il y a donc un mouvement de l'hydrogène au travers de la substance du métal avec une vitesse de 4 millimètres par minute.

Les conclusions générales qui résultent de ce travail sont les suivantes. Dans le palladium complétement chargé d'hy-

drogène, par exemple dans le fil de palladium soumis à l'Académie, il existe un composé de palladium et d'hydrogène, dans des proportions qui sont voisines de celles d'équivalent à équivalent[1]. Les deux substances sont solides, métalliques et blanches. L'alliage contient environ 20 volumes de palladium pour 1 volume d'hydrogénium, et la densité de ce dernier est égale à 2, un peu plus élevée que celle du magnésium, avec lequel on peut supposer que l'hydrogénium possède quelque analogie. Cet hydrogénium a un certain degré de ténacité, et il est doué de la conductibilité électrique d'un métal. Enfin l'hydrogénium prend place parmi les métaux magnétiques. Ce fait se relie peut-être à la présence de l'hydrogénium dans le fer météorique, où il est associé à certains autres éléments magnétiques.

Les propriétés chimiques de l'hydrogénium le distinguent de l'hydrogène ordinaire. L'alliage de palladium précipite le mercure et son protochlorure d'une dissolution de bichlorure de mercure, sans aucun dégagement d'hydrogène; c'est-à-dire que l'hydrogénium décompose le bichlorure de mercure, ce qui n'a pas lieu avec l'hydrogène. Ce fait explique pourquoi M. Stanislas Meunier ne réussit pas à trouver l'hydrogène occlus par le fer météorique, en dissolvant celui-ci dans une solution de bichlorure de mercure, l'hydrogène étant employé comme le fer lui-même à la précipitation du mercure. L'hydrogénium (associé au palladium) s'unit avec le chlore et l'iode dans l'obscurité, réduit les sels de peroxyde de fer à l'état de protoxyde, transforme le prussiate rouge de potasse en prussiate jaune, et possède enfin une puissance désoxydante considérable. Il paraît constituer la forme active de l'hydrogène, comme l'ozone est celle de l'oxygène.

[1] *Comptes rendus*, tome LXVI, p. 1018 (1868).

A. WURTZ. DICTIONNAIRE DE CHIMIE PURE ET APPLIQUÉE. (Paris, 1869; Hachette et C[ie].)

La littérature française possède peu de grands ouvrages sur la chimie. Les traités de Thénard, de Berzélius et de Gerhardt, complets au point de vue des faits alors connus et des théories alors régnantes, remontent à des dates déjà trop éloignées. Depuis l'époque de leur publication, les découvertes se sont succédé, des doctrines nouvelles ont surgi et les anciennes ont été ou abandonnées ou modifiées, et le seul ouvrage récent, celui de MM. Pelouze et Fremy, ne nous donne pas, malgré son volume, un tableau bien exact et suffisamment complet de l'état actuel de la chimie.

Mais, il faut le reconnaître, si variées que soient d'ailleurs ses connaissances, les forces d'un seul homme ne sont plus suffisantes pour tracer un tel tableau de la science. Le champ est devenu si vaste, les applications se sont tellement multipliées, que chaque travailleur doit de plus en plus se spécialiser, et en est réduit à n'embrasser dans son activité qu'un nombre restreint de questions. Celles-là, il pourra être apte à les traiter magistralement tout en demeurant inférieur sur les autres.

La lacune que je viens de signaler était trop bien ressentie en France pour qu'il ne vînt à personne l'idée de la combler. Malgré la lourdeur de la tâche, M. Wurtz l'a entreprise, et mettant à profit le bon exemple donné par les savants allemands, il s'est adjoint un certain nombre de collaborateurs qui se sont tous fait déjà connaître par des travaux originaux souvent très-importants. La haute position que lui ont value dans le monde scientifique ses beaux Mémoires et son brillant enseignement, le soin avec lequel il s'est toujours tenu au courant des publications étrangères, — exemple trop peu imité en France, — sont des gages sérieux que M. Wurtz fera de son ouvrage autre chose qu'une vaine compilation de ses devanciers. Et, en même temps, les noms de MM. Bouis,

Debray, Friedel, E. Kopp, F. Leblanc, Hautefeuile, Troost, Schutzenberger, Willm [1], etc., présentent les meilleures garanties que la partie pratique et l'exposition des faits ne seront pas au-dessous de la partie théorique.

La forme donnée par l'auteur à son livre est celle d'un dictionnaire, en deux forts volumes, très-compactes, enrichis de figures dans le texte. Les éditeurs sont MM. Hachette et Cie. Une introduction sous le titre d'*Histoire des doctrines chimiques depuis Lavoisier jusqu'à nos jours*, par M. Wurtz, et trois fascicules de dix feuilles chacun ont déjà été livrés aux souscripteurs. Sans discuter ici les avantages et les inconvénients de cette forme, je dirai que le Dictionnaire de Chimie est moins une définition de tous les noms chimiques qu'une suite de monographies rangées par ordre alphabétique. Les sujets importants sont traités avec tous les développements nécessaires. La bibliographie — chose si importante — est beaucoup plus complète qu'elle l'a jamais été dans aucun traité français, il sera donc facile de remonter aux sources; sans doute sur ce point-là on peut remarquer quelques inégalités d'un article à l'autre, mais l'essentiel est fait, et il sera facile de compléter les lacunes dans des éditions subséquentes.

L'ouvrage est écrit au point de vue de la « *Chimie moderne* ; » quoique je ne sois nullement partisan de la doctrine de l'atomicité telle qu'elle a cours actuellement, ni des hypothèses dont il a fallu l'accompagner, je reconnais que ces théories régnant de plus en plus parmi les chimistes de la génération présente, elles devaient trouver leur expression dans un grand ouvrage. Il sera temps plus tard de tenter une réaction contre les doctrines du jour dans ce qu'elles ont d'exagéré, mais le moment n'en est pas encore venu.

[1] Voici la liste totale des collaborateurs de M. Wurtz : MM. Bouis, Caventon, de Clermont, Debray, Dehérain, Delafontaine, Friedel, Gautier, Grimaux, Hauttefeuille, E. Kopp, Lauth, Leblanc, Naquet, Salet, Schutzenberger, Troost, Willm.

Tous les faits qui sont expliqués par la doctrine des équivalents le sont aussi par la théorie atomique, et il en est d'autres dont la clef nous est donnée par cette dernière seulement. La plupart des chimistes accéderont donc pleinement aux poids et à la notation atomiques adoptés dans le Dictionnaire.

D'après ce que j'en ai eu sous les yeux, le Dictionnaire dont je rends compte tient les promesses des noms de ses auteurs, il est au niveau de la science actuelle. Il contient les applications aux arts industriels et aux autres sciences, une description suffisante des espèces minérales, des notions sur la cristallographie, l'isomorphisme, l'isomérie, etc. qui le rendent supérieur aux ouvrages qui l'ont précédé. J'espère donc que les suffrages des chimistes ne lui manqueront pas et qu'ils récompenseront ainsi M. Wurtz du labeur qu'il s'est imposé.

M. DELAFONTAINE.

A. BETTENDORFF et A. WÜLLNER. RECHERCHES SUR LA CHALEUR SPÉCIFIQUE DE MODIFICATIONS ALLOTROPIQUES. (*Pogg. Annalen*, t. 133, p. 293.)

Kopp a émis l'opinion que les modifications allotropiques et dimorphes possèdent la même chaleur spécifique. Par contre, Regnault donne des chaleurs spécifiques différentes pour le graphite et le diamant; ces divergences ont engagé les auteurs à entreprendre des recherches sur un plus grand nombre de modifications allotropiques.

Ils ont employé la méthode donnée par Kopp, en suivant la température pendant toute la durée des expériences et en la lisant toutes les vingt secondes; une correction d'après la méthode de Regnault a été apportée pour corriger l'influence que l'enveloppe pouvait avoir eue sur la température.

Du *charbon de cornues* traité au rouge par la vapeur de brôme, lavé, séché et calciné, possédait une chaleur spécifi-

que de 0,2040. Ce charbon contenait seulement 0,30 p. 100 de matières étrangères. Le *graphite de Ceylan,* traité successivement par l'eau régale et l'acide fluorhydrique a donné 0,1955 pour sa chaleur spécifique. Pour le *graphite de haut-fourneau,* purifié comme le précédent, les auteurs ont obtenu les nombres 0,1961 et pour le diamant 0,1483. L'*arsenic cristallisé,* sublimé plusieurs fois dans un courant d'hydrogène a donné 0,0830. La chaleur spécifique de l'*arsenic amorphe* obtenue en distillant le précédent à l'abri de l'air, à une température plus basse, a été trouvée égale à 0,0758; la différence entre les chaleurs des deux modifications de l'arsenic est trop considérable pour pouvoir être attribuée à une erreur d'observation. Le *sélénium cristallisé* a donné 0,08404; ce sélénium avait été préparé en précipitant l'acide sélénieux par du bi-sulfite de potasse; un autre échantillon provenant de l'action de l'air sur une dissolution de sélénium dans la potasse caustique, possédait la même chaleur spécifique, soit 0,08401.

M. D.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

Pendant le mois de JANVIER 1869.

Le 1er, quelques flocons de neige le matin, quantité trop faible pour être mesurée.

2, gelée blanche le matin ; couronne lunaire et halo lunaire le matin de bonne heure.

5, gelée blanche le matin ; couronne lunaire et halo lunaire le matin avant 6 h., puis brouillard jusque dans l'après-midi.

7, brouillard le soir.

15, brouillard presque tout le jour.

16, brouillard le matin.

21, couronne lunaire dans la soirée.

22, forte gelée blanche le matin ; forte bise tout le jour, qui dure aussi le lendemain, mais moins forte.

27, couronne lunaire toute la soirée ; halo lunaire par moments.

28, brouillard le soir.

29, brouillard le matin, forte pluie au milieu de la journée ; le soir brume, et dans les moments d'éclaircies, belle couronne lunaire.

30, couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.

31, gelée blanche.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. soir	735,91	Le 3 à 6 h. soir	732,20
7 à 10 h. matin	739,28	8 à 4 h. soir	737,06
9 à 11 h. matin	738,88	13 à 4 h. soir	728.11
20 à 10 h. matin	737,12	22 à 6 h. matin	728.30
23 à 10 h. matin	730,63	24 à 2 h. soir	727,03
25 à 10 h. matin	731,14	28 à 9 h. matin	720.47
28 à 6 h. soir	722,19	29 à 6 h. matin	719.52
30 à 11 h. matin	729.86		

GENÈVE. — JANVIER 1869.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o		cm.
1	733,24	+ 5,36	+ 2,13	+2,49	— 1,8	+ 5,2	4,24	+0,21	788	— 82	620	850	...	...	variable	0,81	—	—	149
2	735,23	+ 7,35	+ 3,44	+3,83	— 0,4	+ 6,8	3,70	—0,33	651	—219	400	860	...	...	SO. 1	0,90	7,0	+ 1,6	148
3	733,56	+ 5,69	+ 4,63	+5,05	— 0,5	+ 9,9	4,43	+0,40	692	—179	470	840	...	...	SSO. 1	0,57	—	—	146
4	734,68	+ 6,81	+ 4,02	+4,46	+ 1,8	+ 7,8	5,25	+1,21	873	+ 2	780	950	0,9	3	variable	0,76	6,6	+ 1,3	144
5	735,78	+ 7,92	+ 1,37	+1,83	— 1,2	+ 5,2	4,68	+0,64	921	+ 50	810	1000	...	...	SSO. 1	0,80	6,3	+ 1,0	144
6	737,38	+ 9,52	+ 5,40	+5,88	+ 2,0	+ 7,6	5,58	+1,54	830	— 41	590	970	1,3	3	variable	0,99	6,3	+ 1,0	144
7	738,40	+10,55	+ 5,77	+6,27	0,0	+11,0	6,53	+2,48	916	+ 45	770	1000	...	...	variable	0,83	6,5	+ 1,3	143
8	737,24	+ 9,39	+ 6,85	+7,37	+ 4,4	+13,0	6,69	+2,64	903	+ 32	760	990	...	...	variable	0,58	6,7	+ 1,5	140
9	738,31	+10,47	+ 4,45	+4,98	+ 3,9	+ 6,2	5,07	+1,01	821	— 50	770	850	...	...	N. 1	0,92	6,6	+ 1,5	141
10	735,57	+ 7,73	+ 3,97	+4,50	+ 3,0	+ 5,4	4,73	+0,66	790	— 81	720	820	...	...	NNE. 1	0,88	—	—	139
11	732,05	+ 4,22	+ 2,63	+3,16	+ 1,4	+ 5,1	4,41	+0,33	811	— 59	750	830	...	...	N. 1	0,74	7,0	+ 1,9	137
12	731,58	+ 3,75	+ 0,72	+1,25	— 1,2	+ 4,1	4,12	+0,03	866	— 4	740	970	...	...	N. 1	0,69	6,9	+ 1,9	135
13	728,74	+ 0,91	— 0,63	—0,11	— 1,5	+ 1,0	3,99	—0,11	921	+ 51	840	950	...	...	SSE. 1	1,00	6,8	+ 1,8	134
14	728,70	+ 0,88	— 0,57	—0,06	— 1,4	+ 1,0	4,05	—0,06	930	+ 60	860	950	...	...	SE. 1	1,00	6,7	+ 1,7	132
15	730,68	+ 2,86	— 1,16	—0,66	— 3,0	+ 0,5	4,08	—0,04	965	+ 95	910	980	1,6	2	S. 1	0,99	6,7	+ 1,7	131
16	733,48	+ 5,67	+ 4,20	+4,68	+ 0,3	+ 7,4	5,70	+1,57	909	+ 40	780	980	...	...	N. 1	0,90	6,8	+ 1,9	129
17	734,29	+ 6,49	+ 3,09	+3,55	+ 2,5	+ 4,1	4,27	+0,13	758	—110	690	830	...	...	NNE. 1	0,99	—	—	128
18	734,48	+ 6,70	+ 1,39	+1,83	0,0	+ 3,0	3,69	—0,46	743	—124	670	760	...	...	N. 2	0,98	6,3	+ 1,4	127
19	735,93	+ 8,18	— 0,94	—0,52	— 2,1	+ 0,5	3,43	—0,73	815	— 51	750	840	...	...	NNE. 1	0,96	6,2	+ 1,4	126
20	736,09	+ 8,38	— 2,39	—2,00	— 3,1	+ 0,4	3,29	—0,88	869	+ 4	800	930	...	...	N. 1	0,93	5,9	+ 1,1	123
21	730,35	+ 2,68	— 1,62	—1,26	— 3,1	+ 1,1	3,51	—0,66	872	+ 8	740	980	...	...	variable	0,78	5 8	+ 1,0	121
22	728,86	+ 1,23	— 2,58	—2,26	— 5,0	— 0,2	3,07	—1,11	819	— 44	740	850	...	...	NNE. 2	0,09	5,7	+ 0,9	123
23	729,41	+ 1,83	— 7,93	—7,65	—10,0	— 4,7	1,82	—2,36	749	—113	590	830	...	...	NNE. 2	0,17	4,7	0,0	121
24	727,38	— 0,16	— 7,69	—7,45	— 8,7	— 5,5	2,13	—2,06	857	— 4	740	950	...	...	NNE. 1	0,79	—	—	115
25	730,31	+ 2,81	— 6,92	—6,73	— 9,8	— 2,7	2,34	—1,86	879	+ 19	750	1000	...	...	S. 1	0,53	3,8	— 0,9	113
26	728,40	+ 0,94	— 5,89	—5,75	—12,0	+ 2,1	2,52	—1,68	837	— 22	600	1000	...	...	SSO. 1	0,17	4,2	— 0,5	111
27	725,97	— 1,45	— 2,04	—1,95	— 8,7	+ 5,2	3,01	—1,20	762	— 96	480	1000	...	...	SSO. 1	0,51	4,8	+ 0,1	110
28	720,97	— 6,41	— 0,27	—0,23	— 3,8	+ 3,0	4,42	+0,20	958	+101	830	1000	9,1	8	SSO. 1	0,96	5,3	+ 0,6	105
29	720,41	— 6,95	+ 2,74	+2,72	— 0,1	+ 7,2	5,75	+1,53	997	+141	980	1000	23,6	9	SSO. 1	0,98	5,2	+ 0,5	103
30	728,68	+ 1,36	+ 5,21	+5,13	— 0,4	+11,8	4,78	+0,55	734	—121	460	940	...	...	S. 1	0,32	5,6	+ 0,9	102
31	727,47	+ 0,19	+ 6,52	+6,38	— 0,6	+12,2	4,50	+0,26	619	—235	430	840	0,3	1	SO. 1	0,69	—	—	105

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1869.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	735,77	736,06	736,53	736,18	735,75	735,88	736,03	736,26	736.23
2e »	732,53	732,94	733,32	732,87	732,30	732,33	732,55	732,82	732,86
3e »	726,96	727,52	727,90	727,51	726,76	726,69	727,03	727,05	726,75
Mois	731,60	732,02	732,43	732,03	731,45	731,47	731,71	731,88	731,78
Température.									
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re décade	+ 2,43	+ 2,54	+ 3,84	+ 5,87	+ 6,49	+ 6,09	+ 5,08	+ 4,87	+ 4,45
2e »	+ 0,26	+ 0,32	+ 0,61	+ 1,50	+ 1,86	+ 1,64	+ 0,71	+ 0,46	+ 0,16
3e »	— 4,32	— 3,79	— 1,91	+ 0,01	+ 1,27	+ 1,24	— 0,48	— 1,41	— 2,86
Mois	— 0,66	— 0,42	+ 0,76	+ 2,38	+ 3,14	+ 2,94	+ 1,70	+ 1,22	+ 0,47
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,84	4,75	5,02	5,14	5,43	5,27	5,28	5,30	5,01
2e »	4,07	4,07	4,12	4,26	4,18	4,16	4,15	4,12	4,02
3e »	3,19	3,02	3,37	3,70	3,54	3,62	3,65	3,66	3,44
Mois	4,00	3,92	4,14	4,34	4,36	4,33	4,34	4,34	4,13
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	882	860	833	736	742	741	804	819	801
2e »	870	863	846	823	796	802	850	867	863
3e »	917	864	813	765	696	713	788	837	890
Mois	891	862	830	774	743	751	813	841	853

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	°	°		°	mm	cm
1re décade	+ 4,12	+ 7,81	0,80	6,57	2,2	143,8
2e »	— 0,81	+ 2,71	0,92	6,59	1,6	130,2
3e »	— 5,66	+ 3,87	0,54	5,01	33,0	111,7
Mois	— 1,91	+ 4,77	0,75	6,02	36,8	128,0

Dans ce mois, l'air a été calme 4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,48 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 27°,0 E., et son intensité est égale à 14,9 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1869.

Le 1, brouillard depuis 2 h. de l'après-midi à 6 h.
2, id. à midi.
4, id. depuis 6 heures du soir. La neige tombée a été emportée en partie.
6, id. depuis 2 h. de l'après-midi.
7, id. depuis 8 h. du matin.
8, id. jusqu'à 8 h. du soir.
14, id. de midi à 8 h. du soir.
16, id. depuis midi.
21, id. de 6 à 8 h. du soir.
29, id. depuis 4 h. du soir.
30, id. à midi.
31, id. de 10 h. du matin à 2 h. de l'après-midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM

	mm
Le 3 à 10 h. matin	569,32
7 à 10 h. matin	571,89
9 à 10 h. matin	570,77
17 à 10 h. matin	566,63
19 à 10 h. soir	566,67
27 à 10 h. matin	560,84
29 à 6 h. matin	560,32
31 à 10 h. matin	567,03

MINIMUM.

	mm
Le 4 à 2 h. soir	566,33
8 à 6 h. matin	569,62
13 à 2 h. soir	562,53
18 à 6 h. matin	564,46
23 à 6 h. matin	555,15
28 à 4 h. soir	558,69
29 à 4 h. soir	559,10

SAINT-BERNARD. — JANVIER 1869.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim				
1	564,10	+ 2,74	562,17	565,89	—11.95	— 3,34	—13,2	— 9,7	30	4,7	4	NE.	1	0,50
2	567,79	+ 6,46	566,51	568,87	— 7,95	+ 0,69	—12,5	— 5,0	.....	.....	......	variable		0,31
3	568,70	+ 7,39	568,12	569,32	— 4,78	+ 3,89	— 7,9	— 1,5	.....	.....	......	SO.	1	0,48
4	566,86	+ 5,57	566,33	567,90	— 6,68	+ 2,02	— 9,1	— 3,1	8	0,5	6	NE.	1	0,96
5	568,67	+ 7,40	567,84	569,87	— 6,29	+ 2,44	—11,8	— 2,3	.....	.....	......	SO.	1	0,33
6	570,92	+ 9,67	570,61	571,45	— 2,41	+ 6,36	— 3,3	+ 0,6	.....	.....	......	NE.	1	0,96
7	571,25	+10,02	571,16	571,89	— 3,74	+ 5,06	— 5,6	— 1,8	50	6,0	4	NE.	1	0,81
8	569,91	+ 8,70	569,62	570,30	— 5,06	+ 3,77	— 8,0	— 3,7	.....	.....	......	NE.	2	0,84
9	570,40	+ 9,22	570,27	570,77	— 2,58	+ 6,27	— 4,0	— 1,1	.....	.....	......	NE.	1	0,00
10	567,85	+ 6,70	566,32	569,12	— 2,86	+ 6,01	— 4,8	+ 0,9	.....	.....	......	NE.	1	0,01
11	564,79	+ 3,67	563,60	565,42	—10,74	— 1,85	—12,9	— 8,2	.....	.....	......	SO.	1	0,11
12	564,67	+ 3,57	563,94	565,60	— 5,89	+ 3,02	— 8 6	— 3,0	.....	.....	......	SO.	1	0,04
13	562,73	+ 1,66	562,53	563,23	— 9,28	— 0,35	—11,0	— 7,5	.....	.....	......	SO.	1	0,00
14	563,06	+ 2,02	562,79	563,61	—10,11	— 1,16	—11,4	— 9,0	.....	.....	......	SO.	1	0,66
15	564,78	+ 3,77	563,40	565,95	— 7,71	+ 1,26	— 9,5	— 5,3	.....	.....	......	SO.	1	0,07
16	565,43	+ 4,45	565,03	566,22	— 8,23	+ 0,76	— 9,4	— 7,1	.....	.....	......	NE.	2	0,81
17	566,07	+ 5,12	565,83	566,63	— 7,79	+ 1,22	—11,0	— 4,9	.....	.....	......	NE.	1	0,00
18	564,76	+ 3,84	564,46	565,26	—10,54	— 1,52	—12,4	— 8,2	.....	.....	......	NE.	1	0,01
19	566,10	+ 5,21	565,23	566,67	—12,69	— 3,66	—13,8	— 9,8	.....	.....	......	SO.	1	0,00
20	564,67	+ 3,81	563,38	565,73	—12,52	— 3,48	—14,5	— 9,7	.....	.....	......	variable		0,00
21	559,84	— 0,98	558,56	561,58	—12.76	— 3,71	—14,5	—10,2	.....	.....	......	NE.	2	0,56
22	557,30	— 3,49	556,55	557,84	—15,12	— 6,06	—16,8	—12,2	.....	.....	......	NE.	2	0,11
23	555,46	— 5,30	555,15	555,81	—17,88	— 8,81	—19,6	—16,3	.....	.....	......	NE.	2	0,00
24	555,83	— 4,90	555,45	556,86	—16,31	— 7,24	—18,0	—13,8	.....	.....	......	NE.	1	0,00
25	558,90	— 1,79	557,45	559,73	—16,04	— 6,96	—18,4	—13,0	.....	.....	......	SO.	1	0,00
26	559,39	— 1,26	558,89	560,09	—12,49	— 3,41	—13,4	—10,2	.....	.....	......	NE.	1	0,04
27	560,36	— 0,25	560,12	560,84	— 8,23	+ 0,85	—12,0	— 5,2	.....	.....	......	SO.	1	0,18
28	559,30	— 1,27	558,69	560,17	— 8,04	+ 1,04	—10,1	— 3,8	30	4,4	4	SO.	1	0,77
29	559,73	— 0,81	559,10	560,32	— 3,79	+ 5,29	— 6,2	— 0,2	.....	.....	......	SO.	1	0,98
30	563,31	+ 2,80	559,84	565,30	— 6,23	+ 2,84	— 7,4	— 4,0	9	0,8	2	NE.	1	0,40
31	566,33	+ 5,85	565,88	567,03	— 5,20	+ 3,87	— 5,9	— 3,0	.....	.....	......	SO.	1	0,51

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1869.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	568,28	568,61	568,96	568,71	568,55	568,69	568,72	569,01	569,03
2e »	564,47	564,95	565,22	564,89	564,65	564,72	564,70	564,74	564,76
3e »	559,21	559,54	559,90	559,86	559,59	559,64	559,73	559,90	559,91
Mois	563,83	564,21	564,54	564,34	564,11	564,20	564,23	564,40	564,42
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 6,80	— 6,09	— 4,74	— 3,88	— 3,52	— 4,66	— 5,20	— 5,97	— 6,23
2e »	—10,28	—10,34	— 9,64	— 8,18	— 7,88	— 8,54	— 9,60	— 9,92	— 9,78
3e »	—12,02	—12,25	—11,15	— 9,69	— 9,38	—10,23	—11,47	—11,21	—10,72
Mois	— 9,77	— 9,65	— 8,59	— 7,33	— 7,01	— 7,89	— 8,84	— 9,10	— 8,97

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 8,02	— 2,67	0,52	11,2	88
2e »	—11,45	— 7,27	0,17	0,0	0
3e »	—12,94	— 8,35	0,32	5,2	39
Mois	—10,87	— 6,17	0,34	16,4	127

Dans ce mois, l'air a été calme 19 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,77 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 25,1 sur 100.

* Voir la note du tableau.

NOTE RELATIVE

AUX FONCTIONS

DES NERFS DE LA PREMIÈRE PAIRE

PAR

M. le Dr J.-L. PREVOST

La membrane muqueuse qui tapisse les fosses nasales et leurs dépendances (*méats, cornets, sinus*) reçoit deux ordres de nerfs : les uns sont des rameaux de la première paire de nerfs crâniens (nerfs olfactifs), les autres, des rameaux de la cinquième paire crânienne (nerfs trijumeaux).

C'est assez à tort que l'on a désigné sous le nom de nerfs olfactifs, nerfs de la première paire deux renflements nerveux qui appartiennent en propre au système nerveux central dont elles offrent la structure.

Chez l'homme on distingue deux portions aux nerfs de la première paire : 1° un renflement de substance grise, atteignant environ les dimensions d'une petite lentille, constitue le *bulbe* ou *ganglion* olfactif et repose sur la gouttière de l'os ethmoïde. Les trous de la lame criblée de l'os ethmoïde donnent passage à des filets nerveux qui partent de ce bulbe, et qui seuls devraient recevoir le nom de nerfs. Ces filets nerveux s'irradient dans la muqueuse qui tapisse la partie supérieure des fosses nasales, laquelle offre à ce niveau une coloration et une structure spéciales.

2° La seconde partie du nerf olfactif est formée par un faisceau composé surtout de substance nerveuse blanche, qui unit le bulbe à l'encéphale. Cette portion est désignée sous le nom de *tronc, pédicule, pédoncule* du nerf olfactif, *processus olfactif, tractus olfactif.*

Chez l'homme les deux nerfs olfactifs sont complétement recouverts par les lobes frontaux ; grâce au développement que prennent les hémisphères cérébraux.

Il en est de même chez les mammifères supérieurs; mais ces organes offrent un volume beaucoup plus considérable que chez l'homme : le bulbe olfactif du chien est plus de dix fois plus volumineux que celui de l'homme. C'est là une circonstance qu'il est bon de rappeler à ceux qui ne veulent point reconnaître une corrélation directe entre la constitution matérielle du système nerveux central et ses fonctions.

Chez les rongeurs ces parties forment deux renflements assez volumineux placés au-devant des lobes frontaux et ne sont point recouverts par ces parties. Une disposition analogue se rencontre chez les vertébrés inférieurs. Les bulbes olfactifs forment chez eux deux renflements nerveux comparables aux renflements constitués par les lobes cérébraux, dont ils semblent n'être qu'un prolongement, aussi certains auteurs leur ont-ils donné le nom de lobes, lobules olfactifs. Ces lobules offrent alors une cavité centrale tapissée d'un épithélium, qui est en communication avec les ventricules du cerveau. Chez l'homme cette cavité est réduite à l'état rudimentaire, et ne se retrouve plus que dans le bulbe ; mais elle existe même dans le tronc du nerf, chez le fœtus, car ce n'est que par l'allongement progressif du processus olfactif

qu'elle disparaît pendant le développement embryonnaire.

Je n'insisterai pas ici sur le mode de distribution des rameaux du nerf trijumeau, qui se rendent dans la muqueuse nasale, ces détails anatomiques étant inutiles à la partie physiologique de ce travail.

Pour la plupart des physiologistes, les nerfs de la première paire transmettent seuls au cerveau les impressions spéciales produites sur la muqueuse pituitaire par les corps odorants, tandis que les rameaux des nerfs trijumeaux qui se distribuent à la muqueuse nasale donnent à cette membrane la sensibilité générale et le tact.

Cette opinion déjà ancienne était fondée sur la distribution des rameaux nerveux partis des bulbes olfactifs, aux parties de la muqueuse qui paraissaient être le plus facilement impressionnées par les odeurs, sur des cas d'absence congénitale des bulbes olfactifs ou de lésions accidentelles de ces parties, accompagnés d'anosmie, enfin sur quelques expériences physiologiques.

Ces faits étaient réunis dans plusieurs mémoires, en particulier dans la thèse inaugurale de M. Pressat[1] ; et cette question était fort bien discutée dans le traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux, de M. Longet[2].

Magendie, en 1824[3] et en 1839[4], émit des doutes sur

[1] Pressat, *Thèses de Paris*, 1837, nº 441.

[2] Voyez aussi l'article *Nerf olfactif* dans le *Traité de physiologie* de M. Longet, tome II, p. 468 et suiv., qui contient une discussion intéressante et une bibliographie étendue sur ce sujet.

[3] *Journal de Physiologie expérimentale*, tome IV, p. 169.

[4] *Leçons sur les fonctions du système nerveux*, tome II, p. 272.

cette manière de voir, et publia des expériences d'ablation des nerfs olfactifs faites sur des chiens, expériences qui n'avaient pas eu pour résultat l'abolition du sens de l'odorat.

On fit à Magendie l'objection fort judicieuse que ses conclusions reposaient surtout sur l'examen du sens de l'odorat fait au moyen de substances irritantes telles que l'ammoniaque.

Or les substances irritantes peuvent fort bien affecter la sensibilité générale de la muqueuse nasale, sans que l'odorat soit en jeu dans cette sensation. Un individu privé du sens de l'odorat peut être désagréablement affecté par un agent tel que l'ammoniaque qui vient irriter sa muqueuse et ne point pouvoir distinguer ce corps d'autres substances irritantes comme pourrait le faire un sujet dont l'odorat serait intact. L'ammoniaque peut dans ce cas être comparé non à une substance odorante, mais à tout autre agent excitant des nerfs de sensibilité générale (piqûre, froid, chaud, électricité, etc., etc.). C'est là un point qui n'avait pas assez fixé l'attention de Magendie.

Cependant en pratiquant au cours de Magendie une autopsie de cerveau, M. Claude Bernard[1], alors préparateur au collége de France, fut frappé de l'absence congénitale des lobules olfactifs de ce cadavre chez lequel la lame criblée de l'ethmoïde n'offrait point d'orifices destinés au passage des nerfs. M. Claude Bernard prit alors des renseignements sur le sujet en question, et rien ne put lui faire penser que la femme à laquelle appartenait

[1] Voyez Cl. Bernard, *Leçons sur la physiologie du système nerveux*, tome II, p. 226 et suiv.

ce cerveau n'ait pas joui pendant sa vie de la faculté de percevoir les odeurs.

Devant ce fait, M. Bernard, tout en admettant que les nerfs olfactifs ont un rôle dans l'exercice du sens de l'odorat, est porté à penser qu'ils ne sont pas les seuls agents de transmission des impressions spéciales de la muqueuse nasale.

Depuis lors des expériences contradictoires avec les opinions émises par Magendie et M. Cl. Bernard ont été faites par plusieurs physiologistes et en particulier par M. Schiff [1]. Ce physiologiste observa que des chiens à la mamelle privés expérimentalement des lobules olfactifs ne savaient plus retrouver le pis de leur mère. M. Schiff observa aussi que des grenouilles privées de leurs lobules olfactifs et disséminées dans une chambre ne pouvaient retrouver un vase dans lequel se trouvaient d'autres grenouilles, comme elles le faisaient avant l'opération.

Un élève de M. Cl. Bernard, M. Gianuzzi [2], présenta au mois de juin 1863 à la société de Biologie les résultats d'une série d'expériences de destruction des nerfs olfactifs faites sur des chiens, par un procédé spécial sur lequel je reviendrai. Cet auteur n'aurait pas constaté la perte de l'odorat après cette opération.

Tel est en résumé l'état de la question.

En présence de doutes émis par des physiologistes tels que Magendie et M. Cl. Bernard, il est permis de douter aussi, et de chercher à s'éclairer en recueillant les

[1] Schiff, *Der Erste Hirnnerv ist der Geruchsnerv. Unters. zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, tome VI, 1859.

[2] Gianuzzi, *Comptes rendus* et *Mémoires de la Société de Biologie* de l'année 1863, p. 97.

faits nouveaux qui peuvent avoir rapport à la détermination des nerfs du sens de l'odorat.

Pendant que j'étais interne à l'Hospice de la Salpêtrière, M. Vulpian attira mon attention sur une atrophie très-manifeste qu'avaient subi les pédicules et les bulbes olfactifs d'une femme âgée, dont nous pratiquions ensemble la nécropsie.

Au lieu d'être blancs et nacrés comme à l'état normal, les pédicules étaient devenus grisâtres, demi-transparents et très-fragiles. Les bulbes plus pâles que de coutume offraient un fort petit volume.

L'examen microscopique nous prouva que les fibres nerveuses avaient presque complétement disparu des pédicules qui étaient criblés de corps amyloïdes.

Frappé d'une atrophie aussi manifeste, je pris des renseignements sur cette femme, soit dans son dortoir, soit auprès de ses parents, et je me convainquis qu'elle était privée du sens de l'odorat depuis deux ans environ.

Je publiai ce cas dans les Comptes rendus et Mémoires de la Société de Biologie[1], et je fis dès lors de nombreuses recherches sur le sens de l'odorat des infirmes de la Salpêtrière, en ayant soin de me servir dans cet examen de substances odorantes diverses (benjoin, essence de citron, café, assa fœtida, pipe, etc.), puis de substances irritantes telles que l'ammoniaque et l'acide acétique.

Je ne tardai pas à remarquer que fréquemment dans la vieillesse le sens de l'odorat subit un affaiblissement

[1] Voyez *Comptes rendus de la Société de Biologie*, année 1865, ou *Gazette médicale de Paris*, 1866.

plus ou moins considérable, comme cela est d'ailleurs le cas pour les autres sens.

Les personnes qui ont l'odorat intact ont quelquefois de la peine à déterminer de suite l'odeur qu'on leur fait sentir, mais du moins reconnaissent immédiatement un corps odorant qu'on leur avait présenté un instant auparavant, et que l'on avait fait suivre de plusieurs autres. C'est ce que ne peuvent point faire ceux dont l'odorat est affaibli.

Je pus ainsi avec un peu d'habitude apprécier, approximativement il est vrai, mais cependant avec une assez grande exactitude, la finesse plus ou moins grande du sens, et je notai, après cet examen, que l'odorat était fin, moyen, faible, nul.

Tandis que chez les adultes l'odorat était, sauf de très-rares exceptions, fin ou moyen, chez les vieillards au contraire je le trouvais souvent faible ou nul.

En même temps que je faisais ces recherches cliniques, j'observai avec soin l'état des pédicules et des bulbes olfactifs des nombreux sujets nécropsiés à la Salpêtrière.

Tandis que chez l'adulte les bulbes olfactifs, de coloration rosée, étaient assez volumineux pour remplir les gouttières de l'ethmoïde, les pédicules olfactifs, résistants et de couleur blanc-nacré ; chez les vieillards les bulbes étaient souvent peu volumineux, les pédicules fragiles et demi-transparents. L'examen microscopique de ces parties m'y faisait alors constater une altération atrophique sur les particularités de laquelle je n'insisterai pas ici. Mais jamais, je dois le dire, je ne rencontrai une atrophie aussi prononcée que dans le premier cas qui attira mon attention.

J'eus de plus l'occasion d'examiner ces parties chez plusieurs sujets, dont j'avais observé l'état du sens de

l'odorat, et je pus établir un rapport entre le plus ou moins grand affaiblissement du sens de l'olfaction et la dégénération plus ou moins avancée des processus et des bulbes olfactifs.

Ces faits que j'ai présentés à la Société de Biologie ont été publiés dans ses Mémoires[1].

C'est cette série de faits cliniques intéressants, soit au point de vue pathologique et médical, soit au point de vue physiologique qui m'engagèrent à entreprendre quelques recherches expérimentales d'ablation et de sections des processus olfactifs. Je pus, grâce à l'obligeance de M. Philippeaux, pratiquer ces expériences dans le laboratoire de physiologie du Museum d'histoire naturelle de Paris, et je vais les analyser ici.

Les vertébrés inférieurs, et parmi les mammifères qui sont à la disposition du physiologiste, les rongeurs (cochons d'Inde, lapins, etc.) offrent une conformation anatomique qui rend facile l'ablation des bulbes olfactifs. Ces organes n'étant point chez eux recouverts par les lobes frontaux peuvent être enlevés, sans lésion des autres parties de l'encéphale. L'opération n'offre chez les rongeurs aucun danger, ces animaux se mettent généralement à manger immédiatement après et sont complétement guéris en fort peu de jours.

Si l'opération est facile chez les vertébrés inférieurs et chez les rongeurs, il n'en est point de même de l'examen du sens de l'odorat, et les résultats que j'ai pu obtenir à cet égard dans les expériences que j'ai faites sur eux, ne sont point assez nets pour que je m'y arrête.

[1] Voyez *Mémoires de la Société de Biologie*, année 1866, ou *Gazette médicale*, 1867.

Le chien est sans contredit l'animal qui peut donner au point de vue du sens de l'olfaction les résultats les plus nets et les plus précis, soit à cause du grand développement de ce sens chez cet animal, soit à cause de son intelligence.

Il faut toujours, avant d'entreprendre une opération qui a pour but de modifier un sens, examiner ce sens à plusieurs reprises avant l'opération, afin d'avoir ainsi un point de comparaison.

L'examen du sens de l'odorat n'est pas difficile à faire chez le chien, il faut cependant user de certaines précautions pour n'être pas induit en erreur.

Un procédé assez certain est celui qui consiste à cacher, dans une chambre où l'on introduit l'animal, des morceaux de viande cuite que l'on dissimule derrière des meubles et dans des endroits où l'animal ne peut les voir. Le chien qui a l'odorat intact trouve sans tarder cet appât.

Un autre procédé qui m'a donné des résultats très-précis est le suivant, employé déjà par plusieurs expérimentateurs : On fait de petits paquets de papier dont quelques-uns contiennent de la viande cuite, et on les présente à l'animal. Quand le chien n'a pas été opéré, quand il a l'odorat fin, il développe les paquets de papier qui contiennent de la viande sans jamais se tromper; il laisse les autres sans y toucher, ou s'il s'agit d'un jeune chien, l'animal se contente de jouer avec le papier sans chercher à le déplier. On peut, on le comprend, varier cette épreuve de façons très-diverses.

Quant au procédé qui consiste à mettre sur les aliments des substances qui puissent dégoûter le chien, il n'est pas très-précis, car le chien se jette souvent avec

voracité sur les aliments qu'on lui présente, sans prendre garde aux corps odorants qui les recouvrent ; cependant chez quelques chiens, cette épreuve m'a donné des résultats assez nets. Si l'on expérimentait sur des chats, bien plus attentifs que les chiens au choix de leurs aliments, ce procédé donnerait certainement de meilleurs résultats.

On peut, comme on le voit, arriver à apprécier d'une manière assez exacte le sens de l'odorat chez le chien, et généralement parlant, chez les carnivores. Mais chez eux l'ablation des bulbes olfactifs est très-difficile ; les organes sont en effet complétement recouverts par les lobes frontaux, qu'il est fort difficile de ménager pendant l'expérience.

J'essayai d'abord dans quelques expériences (dont je publie une : Exp. VI) de détruire les bulbes olfactifs en les attaquant, comme Magendie et d'autres physiologistes, par la région frontale au moyen d'un instrument introduit dans un orifice fait avec un trépan. Cette opération est longue, difficile, les lobes frontaux sont toujours plus ou moins délacérés, l'hémorrhagie est souvent considérable, et l'on produit ordinairement ainsi des désordres graves qui, s'ils ne font pas périr l'animal, le plongent dans un état de maladie qui ne permet pas l'étude du sens de l'odorat.

Je résolus alors d'employer le procédé indiqué par M. Gianuzzi[1], qui consiste à sectionner les processus olfactifs, en les attaquant par l'intermédiaire d'une perforation faite à la paroi interne de l'un des orbites. Voici comment je pratique cette opération :

Après avoir chloroformé le chien, je fais la résection

[1] Voyez *Mémoires de la Société de Biologie*, loc. cit.

de l'os malaire du côté où je dois opérer, ce qui facilite beaucoup le reste de l'opération. Je pratique dans la région sourcilière une incision longue d'environ cinq à six centimètres; je dissèque rapidement la peau, j'incise les tissus fibreux qui attachent le globe de l'œil au rebord susorbitaire, j'abaisse ce globe, ce qui est facile, grâce à l'absence de l'arcade zygomatique; je perfore alors au moyen d'une vrille la paroi orbitaire interne, autant que possible au niveau des pédicules olfactifs. J'introduis, par cet orifice dans la boîte crânienne un petit instrument courbe tranchant du côté de sa concavité et de son extrémité arrondie. Cet instrument est glissé à plat en passant entre la partie supérieure des processus olfactifs et la face inférieure des lobes frontaux, jusqu'à ce qu'il bute contre la paroi cranienne opposée. Quand je sens la résistance de cette paroi, je retourne l'instrument de manière à ce que la concavité tranchante soit tournée du côté des processus olfactifs, et en retirant l'instrument je sectionne ces parties, l'extrémité arrondie et tranchante du couteau complétant l'incision commencée par sa concavité.

Dans mes expériences, j'avais le soin de répéter plusieurs fois ce dernier temps de l'opération afin de chercher à sectionner en entier les pédicules, ce dont on ne peut pas être sûr dans une opération faite comme celle-là sans être aidé de la vue.

L'œil est remis en place, la plaie recousue, et cette opération qui peut être rapidement exécutée n'amène généralement qu'une perte de sang légère, les autres parties de l'encéphale sont laissées intactes, et au bout de huit à dix jours l'animal est complétement rétabli; souvent dès le lendemain, ou le surlendemain, quelquefois le jour même, on peut l'examiner au point de vue des fonc-

tions olfactives. J'ai fait cinq fois cette opération. Voici ces expériences, auxquelles j'ajoute l'expérience VI faite avec succès par le procédé de Magendie.

Expérience I.

Jeune chien terrier. — Section des deux pédoncules olfactifs. Dilacération du bulbe olfactif gauche. Tissu cicatriciel unissant ces parties. Perte manifeste de l'odorat.

18 octobre 1867. Ce chien fort intelligent avait déjà servi pour des expériences sur le ganglion sphéno-palatin et avait eu les deux arcades zygomatiques enlevées. Bien portant et gai, il offrait un léger jetage de la narine gauche. L'odorat est examiné avec soin, et l'on constate que l'animal retrouve bien des morceaux de viande enveloppés dans du papier : si on lui présente en même temps des paquets de papier ne contenant rien, ou autre chose que de la viande, il ne touche qu'à ceux qui contiennent la viande, et cela sans se tromper jamais. Il s'écarte de la viande recouverte d'ammoniaque, d'essence de menthe, de celle de bergamote, du sulfure de carbone. Mais après avoir flairé à deux ou trois reprises les morceaux qui étaient couverts de ces substances, il finit par les manger aussi.

19 octobre 1867. Section des pédoncules olfactifs faite au moyen d'un instrument courbe introduit par une perforation pratiquée à la paroi orbitaire interne de l'œil gauche.

Après l'opération, le chien légèrement prostré a de la tendance à tourner de droite à gauche, et baisse la tête comme s'il voulait faire une culbute.

25 octobre. Les plaies sont en voie de cicatrisation, les symptômes cérébraux du début ont disparu, l'animal est redevenu gai et a repris de l'appétit. L'odorat est examiné avec soin, soit ce jour-là, soit les jours suivants, et l'on constate ce qui suit :

L'animal est incapable maintenant de subir sans se trom-

per l'épreuve des papiers dont quelques-uns contiennent de la viande, il développe souvent des papiers qui ne renferment rien, et laisse, au contraire sans y toucher, des papiers qui contiennent de la viande. Il mange des morceaux de viande couverts d'essences diverses; après les avoir goûtés il les rejette, mais n'est point averti comme avant l'opération par le sens de l'odorat.

Laissé dans une chambre où était cachée de la viande, le chien n'en a trouvé aucun morceau, ce qu'ont fait immédiatement d'autres chiens qui avaient l'odorat intact.

On lui présente une pipe, il la flaire, et loin de s'en écarter avec dégoût, comme les autres chiens, il la lèche. Il saisit un bout de cigare éteint sans se douter de l'odeur qu'il répand.

Il mange des morceaux de viande couverts de sulfure de carbone et d'essence de menthe qu'on lui avait fait flairer auparavant, puis les rejette avec dégoût, et hésite longtemps avant de les manger, et, chose remarquable, on lui donne d'autres morceaux intacts de suite après, il n'ose les prendre, et ne peut distinguer par l'odorat s'ils sont recouverts d'essences ou non.

L'animal offre, au contraire, de la répugnance pour l'ammoniaque, et s'écarte en faisant des gestes de dégoût quand on lui présente des aliments qui en sont recouverts; il secoue alors son museau et éternue. Il s'est comporté une fois de même relativement à de l'essence de menthe qui était très-forte.

Ce chien avait évidemment perdu le sens de l'odorat tout en conservant la sensibilité de la muqueuse de Schneider, relativement aux substances irritantes.

Nécropsie. — Après avoir ouvert la boîte crânienne on sépare la base du crâne en deux parties au moyen d'un trait de scie qui passe sur la cloison des fosses nasales, et en laissant en place la partie antérieure du cerveau que l'on a séparée en deux portions égales en passant entre les pédoncules olfactifs ménagés avec soin. On constate alors les faits suivants : l'instrument tranchant a pénétré dans le bulbe

olfactif *gauche* et l'a labouré ainsi que le pédoncule gauche. A ce niveau on constate l'existence d'un tissu cellulaire résistant, analogue à celui qui constitue l'altération nommée infiltration cellulaire, et qui remplit la dépression du crâne qui loge le bulbe olfactif gauche. A la section de ce tissu il s'écoule un liquide transparent qui infiltrait les mailles de tissu cellulaire. Par l'examen microscopique on reconnaît par places des parcelles de tissu nerveux entremêlées de nombreux corps granuleux et des granulations graisseuses disséminées. L'extrémité du processus olfactif se termine dans ce tissu cellulaire. La base du cerveau du côté gauche a été légèrement lésée par l'instrument.

A droite. La lésion est moindre, une partie du lobe olfactif est restée intacte, mais la continuité avec le pédicule a été détruite: et ces parties sont réunies par un tissu cellulaire demi-transparent. Le pédoncule se termine par une extrémité mousse qui se perd dans le tissu cellulaire; l'extrémité de ce pédoncule est criblée de corps granuleux et de granulations graisseuses. A un centimètre de son extrémité le pédicule n'a pas paru être notablement altéré, cependant on y a trouvé des fibres nerveuses dont les contours étaient peu nets.

Fosses nasales. Du côté gauche l'instrument tranchant a pénétré dans le méat supérieur et a un peu lacéré le cornet supérieur.

A droite, les fosses nasales sont restées intactes.

La muqueuse des fosses nasales est saine, si ce n'est au niveau de la blessure du méat et du cornet supérieurs gauches.

Expérience II.

Chienne adulte de petite taille. — Dilacération du bulbe olfactif et du méat supérieurs gauches. Section complète du pédicule olfactif droit. Perte de l'odorat.

L'examen de l'odorat fait avant l'expérience et répété plusieurs fois montre que le sens existe à l'état normal chez cet animal, qui redoute l'odeur du sulfure de carbone, celle de

l'essence de menthe, etc., etc., et répond fort bien à l'épreuve des papiers, que j'ai détaillée ci-dessus.

Le 31 octobre 1867. Je sectionne les processus olfactifs en pénétrant dans la cavité crânienne par une ouverture faite à la paroi interne de l'orbite gauche.

L'animal est conservé jusqu'au 30 novembre, et l'on constate à plusieurs reprises avant de le sacrifier que l'odorat est complétement détruit. Cette chienne est maintenant incapable, quand on lui lance plusieurs paquets de papier dont quelques-uns contiennent de la viande, de distinguer ceux-ci de ceux qui ne renferment rien ; elle saisit indistinctement les uns ou les autres pour les développer. Elle saisit immédiatement sans hésitation de la viande imprégnée d'essence de bergamote ou d'essence de menthe, pour les lâcher ensuite ; mais ne s'aperçoit de la présence de ces essences que par le goût. Elle redoute, au contraire, beaucoup l'ammoniaque et s'écarte immédiatement de la viande qui en est couverte.

Nécropsie. — L'ouverture du crâne faite avec les mêmes précautions que dans l'Expérience I, montre que l'instrument a pénétré non-seulement dans la boîte crânienne, mais a perforé la partie supérieure de la fosse nasale gauche, où l'on constate un tissu cicatriciel induré et infiltré de sang.

Le bulbe olfactif et l'extrémité du pédicule ont été labourés et sont compris dans ce tissu cellulaire cicatriciel.

La muqueuse nasale du méat supérieur gauche est rouge, boursouflée et infiltrée de sang.

Du côté droit. Les fosses nasales ont été respectées et la muqueuse est saine dans toute son étendue. L'instrument a complétement sectionné le pédicule olfactif. Le bulbe est resté intact et est réuni à ce pédicule par un tissu cellulaire jaunâtre assez analogue à celui des plaques jaunes.

L'extrémité du pédicule sectionné est mousse, et présente une coloration jaunâtre ; on trouve dans toute la largeur de cette extrémité des granulations graisseuses, des corps granuleux des accumulations d'hématosine qui prouvent manifestement que la section complète a été faite pendant la vie.

Expérience III.

Chienne de chasse, adulte, de grande taille. — Section du pédicule olfactif droit. Section incomplète du pédicule olfactif gauche. Conservation de l'odorat.

Avant l'opération cet animal trouve facilement les morceaux de viande que l'on a cachés en divers endroits. Il répond bien à l'épreuve des papiers. Il craint l'odeur du sulfure de carbone, de la menthe, etc. Il redoute beaucoup l'ammoniaque. Il hésite longtemps avant de manger de la viande recouverte de ces substances.

9 novembre 1867. Je sectionne les pédicules olfactifs en pénétrant dans la cavité crânienne par un orifice fait à la paroi orbitaire interne du côté gauche. Il se produit une hémorrhagie assez considérable.

20 novembre. La chienne est guérie depuis quelques jours; elle mange bien, et a repris toute sa gaîté.

L'examen de l'odorat montre, à n'en pas douter, que le sens est conservé. La chienne ne se trompe jamais à l'épreuve des papiers, elle retrouve des morceaux de viande que l'on a cachés. Elle ne veut toucher à la viande recouverte de diverses substances odorantes (essence de bergamote, de menthe, sulfure de carbone, etc., etc.). Elle craint beaucoup l'ammoniaque.

L'épreuve répétée plusieurs fois à plusieurs jours de distance et en variant les procédés a toujours donné les mêmes résultats, et a montré la conservation évidente du sens de l'olfaction.

Le 28 novembre. L'animal est sacrifié pour une autre expérience.

Nécropsie. Les fosses nasales n'ont pas été ouvertes dans l'opération; leur muqueuse est saine et présente l'aspect normal.

1° *Du côté droit.* Le bulbe a été complétement séparé du pédicule olfactif, auquel il est uni par un tissu cicatriciel adhérent aux méninges.

2° *Du côté gauche.* La section est incomplète; une partie de la portion interne du pédicule a été respectée.

L'examen microscopique permet de constater que tandis que les parties sectionnées présentent du tissu cellulaire de nouvelle formation, des corps granuleux, des granulations graisseuses disséminées, des amas d'hématosine mêlés à des débris de tissu nerveux, la partie interne du pédicule respectée offre la structure normale et est uniquement composée de fibres nerveuses saines. Ces fibres nerveuses, restées intactes, étaient peu nombreuses et constituaient à peine le tiers ou le quart du pédicule; elles suffisaient cependant pour transmettre les impressions sensorielles.

Expérience IV.

Chienne de chasse, adulte de grande taille. — Dilacération incomplète des bulbes et des pédicules olfactifs. Ouverture du méat supérieur. Conservation du sens de l'odorat.

Le sens de l'odorat examiné avant l'opération se montre très-fin.

23 octobre 1867. Je cherchai à détruire les pédicules olfactifs en pénétrant dans la boîte cranienne par la paroi orbitaire interne gauche. Je fis cette section avec un petit scalpel et avec un tenaculum, car je n'avais pas encore fait fabriquer l'instrument dont je me servis depuis lors.

26 octobre. Dès le lendemain de l'opération, l'animal était redevenu gai et mangeait bien. Je fis à plusieurs reprises l'examen du sens de l'odorat, soit en cachant des morceaux de viande dans une chambre dans laquelle je plaçais l'animal, soit par l'épreuve de viande enveloppée dans du papier, soit enfin au moyen de viande recouverte de corps odorants; ces épreuves sur lesquelles il est inutile d'insister, me démontrèrent péremptoirement que le sens de l'odorat était conservé; il me parut même fort peu diminué. L'animal fut sacrifié pour une autre expérience.

Nécropsie. — Le crâne ouvert, j'enlève avec de grandes précautions le cerveau et je constate les faits suivants:

L'instrument a pénétré dans le méat supérieur gauche, et a dilacéré le cornet supérieur. La muqueuse nasale est à ce niveau, rouge et manifestement enflammée. Il en est de même de la muqueuse du sinus frontal gauche. A droite, au contraire, les fosses nasales ont été laissées intactes.

Bulbes et pédicules olfactifs. Une notable portion des deux bulbes olfactifs a été dilacérée par l'instrument. La partie supérieure du bulbe gauche est réduite en une sorte de magma formé par de la substance nerveuse mêlée à du sang. Du côté droit une très-petite portion du bulbe a été laissée intacte.

Les pédicules ont été aussi lacérés : mais ils ne le sont pas dans toute leur épaisseur. A gauche, le pédicule offre encore une épaisseur d'un millimètre environ. A droite, les parties restées intactes paraissent encore moins épaisses. Cependant on peut dire que les parties qui touchent la base du crâne ont été plus ou moins ménagées, et bien des fibres sont restées tout à fait saines. Mais on est étonné que l'odorat ait été si peu modifié par une altération aussi étendue des nerfs.

Expérience V.

Chien adulte. — Dilacération incomplète des bulbes olfactifs, conservation d'une partie des fibres des pédicules, surtout à droite. Ouverture du sinus frontal gauche. Abolition de l'odorat pendant les premiers jours ; puis réapparition de ce sens, très-affaibli.

On constate que l'odorat est bon. Le chien craint en particulier l'odeur du sulfure de carbone, et l'épreuve de la viande enveloppée dans du papier réussit fort bien chez lui ; l'animal ne se trompe point dans le choix qu'il fait des paquets de papier.

25 octobre 1867. Section des pédicules olfactifs en pénétrant dans le crâne par la paroi interne de l'orbite gauche. Quelques jours après, je crois constater que l'odorat est complétement aboli, le chien ne peut retrouver des morceaux de viande que l'on a cachés ; il saisit de la viande recouverte de

sulfure de carbone et d'essence de menthe, et ne s'en aperçoit que quand il les a goûtés. Il se trompe très-souvent dans l'épreuve des paquets de papier.

Cependant, le *31 octobre*, on constate que l'odorat qui paraissait complétement aboli dans des épreuves répétées faites les jours précédents, existe quoique très-affaibli, et maintenant l'animal se trompe fort rarement dans l'épreuve des papiers, et se montre dégoûté par des corps odorants; ajoutons que le chien est très-sensible à l'action de l'ammoniaque.

1er novembre. Mêmes épreuves, mêmes résultats. Le sens de l'odorat existe manifestement, quoique très-affaibli. Le chien est sacrifié.

Nécropsie. — L'instrument est entré dans le sinus frontal gauche, qui est rempli de détritus et de muco-pus, il a pénétré de là dans le crâne, au niveau de la région des pédicules olfactifs. A droite les fosses nasales ont été laissées intactes.

Le *pédicule gauche* a été détruit, sauf quelques fibres, restées intactes à sa face inférieure.

Le *pédicule droit* n'est pas non plus complétement sectionné. Sa face inférieure est restée intacte en partie, et la continuité entre le bulbe et le cerveau existe manifestement.

Les bulbes olfactifs sont en partie réduits en putrilage formé de détritus de substance nerveuse mêlée de sang et de substance puriforme. Cependant les portions touchant à la lame criblée sont ménagées.

Note. — Il est probable que dans cette expérience les parties restées saines avaient été plus ou moins comprimées pendant les premiers jours par un épanchement provenant de l'opération; et que cette compression venant à cesser le sens de l'odorat a reparu, quoique diminué, comme cela a été constaté depuis le 31 octobre.

Expérience VI.

Chien mâle de petite race. — Dilacération incomplète des bulbes olfactifs par le procédé de Magendie. Abcès du cerveau. Conservation du sens de l'odorat.

22 juillet 1867. Après avoir examiné le sens de l'odorat

et avoir constaté son intégrité, je cherche à détruire les bulbes olfactifs en pénétrant dans le crâne par une ouverture faite dans la région frontale au moyen d'une couronne de trépan.

23 juillet. Le chien quoiqu'il n'ait pas conservé toute sa gaîté est cependant assez bien pour subir des épreuves : on constate qu'il ne retrouve pas aussi bien qu'avant l'opération la viande que l'on cache derrière des meubles ou dans du papier, il y réussit cependant, et il est évident que le sens de l'odorat subsiste encore.

27 juillet. Avant de sacrifier l'animal on constate de nouveau que l'odorat, quoique diminué, existe cependant encore. Pendant les derniers jours, l'animal était triste et abattu.

NÉCROPSIE. — Le sinus frontal gauche est rempli de pus. Le bulbe olfactif gauche est dilacéré. Le bulbe droit n'est que légèrement lésé, les pédicules sont resté intacts.

Il y a un abcès de la grosseur d'une grosse noisette dans la pointe du lobe frontal gauche.

Fosses nasales intactes.

En résumant les résultats obtenus dans les six expériences précédentes, je dirai que : deux de ces chiens avaient totalement perdu l'odorat (Exp. I, II); tout en conservant la sensibilité de la muqueuse pour des substances irritantes telle que l'ammoniaque. Quatre (Exp. III à VI) avaient au contraire conservé l'odorat, ou du moins ne l'avaient pas perdu complétement.

La nécropsie de ces animaux m'a donné l'explication de ces divergences. Chez les deux chiens qui avaient perdu l'odorat, les pédicules olfactifs avaient été tout à fait sectionnés. L'examen microscopique m'a démontré qu'aucune fibre nerveuse n'était restée intacte, et que les parties sectionnées étaient réunies par un tissu cellulaire cicatriciel.

Chez les quatre autres chiens, au contraire, l'instrument avait ménagé quelques parties de la base des pédicules ou même l'un de ces organes. Ces quatre observations n'en sont pas moins intéressantes, elles montrent qu'il suffit de la conservation de fort peu de fibres nerveuses pour transmettre encore les impressions sensorielles de la muqueuse nasale.

J'ai eu le soin dans ces nécropsies d'enlever le cerveau avec de grandes précautions, et d'examiner les parties nerveuses en les laissant sur place, j'arrivais à ce résultat par le procédé suivant. La tête de l'animal était séparée du tronc, la calotte crânienne enlevée avec la scie, le cerveau divisé en deux parties égales par une section verticale antero-postérieure tombant entre les deux pédicules olfactifs. Je partageais ensuite la base du crâne en deux parties par un trait de scie tombant sur la cloison des fosses nasales. Je pouvais alors examiner très-facilement l'état des bulbes et des processus olfactifs, qui n'avaient point été touchés dans cette manœuvre. Si l'on enlève le cerveau par le procédé habituel, on est fort exposé à déchirer les fibres nerveuses des pédicules, qui ont échappé à la section et à croire que leur dilacération a été complète pendant la vie.

J'ai en outre complété cet examen à l'aide du microscope; c'est ainsi que j'ai pu dans certains cas douteux juger exactement si la section avait été complète ou incomplète, les fibres nerveuses dilacérées pendant la vie subissant une dégénération particulière appréciable à l'examen microscopique.

C'est, je le pense, faute d'avoir pris ces précautions que M. Gianuzzi n'est pas arrivé aux mêmes conclusions que moi en pratiquant des expériences analogues.

Pour me résumer, je puis dire que, soit mes observations cliniques et pathologiques, soit mes expériences physiologiques m'amènent à admettre que les nerfs olfactifs sont bien les nerfs de l'odorat, et sont seuls chargés de transmettre au cerveau les impressions spéciales que les odeurs produisent sur la muqueuse qui tapisse la partie supérieure des fosses nasales, siége du sens de l'odorat.

LE

SCIROCCO DU SUD DES ALPES

Par M. J. HANN

(*Zeitschrift der œsterreichischen Gesellschaft für Metereologie*, n° 23. Décembre 1868.)

On connaît le débat qui s'est élevé au sujet du fœhn. Quelques savants, et parmi eux des géologues surtout, supposent que ce vent a pour origine le grand désert africain; d'autres pensent que le fœhn est simplement un rameau des grands courants de sud-ouest, rameau qui acquiert une haute température et une sécheresse exceptionnelle par le fait qu'il descend brusquement d'une hauteur considérable en arrivant dans les vallées alpines.

En étudiant d'une manière spéciale un cas remarquable de fœhn (22-24 septembre 1866), dans un Mémoire[1] dont les *Archives* ont donné une analyse étendue, j'étais arrivé à quelques conclusions, parmi lesquelles on me permettra de rappeler les suivantes :

1. Le fœhn du 23 septembre 1866 a coïncidé avec une tempête générale de sud-ouest, venue de l'Atlantique.

2. L'état météorologique de l'Italie, pendant la tempête de fœhn, montre que ce vent a soufflé seulement au nord des Alpes.

[1] *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles*, N° 58, 1868, et *Archives*, mai 1868, tome XXXII (p. 5).

3. La sécheresse exceptionnelle du fœhn peut s'expliquer complétement, ainsi que l'a proposé M. Hann, en remarquant que l'air qui arrive chaud dans les vallées, après avoir passé sur la crête des Alpes, ne peut renfermer qu'une faible quantité de vapeur d'eau.

4. En calculant la chaleur qui doit résulter de la compression de l'air descendant des sommets alpins dans les vallées profondes, on trouve un résultat tel que cette compression semble renfermer une solution bien simple du problème de la chaleur du fœhn.

Mais si la haute température du fœhn résulte uniquement de la chute de l'air et provient ainsi d'une compression mécanique[1], j'ai fait remarquer que des phénomènes analogues « doivent se manifester aussi sur le versant sud « des Alpes par les courants venant du nord, et même « que des faits semblables doivent se produire au pied « de toutes les hautes chaînes de montagne lorsque la « distribution de la pression atmosphérique vient déter- « miner un courant descendant[2]. »

Cette conséquence naturelle de la théorie qui explique le fœhn par la seule compression de l'air descendant a été acceptée, comme très-légitime, par M. Hann, dans un précédent Mémoire. Aujourd'hui, ce savant vient mettre en évidence des faits qui ont une grande portée dans le débat et qui montrent clairement que, sur le versant sud

[1] Plusieurs auteurs ont plus ou moins explicitement signalé la compression comme une cause de réchauffement des courants d'air qui descendent dans l'atmosphère; ainsi Dove, Helmholtz, Tyndall, Mühry, Peschel, Grisebach. — MM. Hahn et Wild, en 1867, ont précisé cette théorie et lui ont donné une grande portée météorologique en la déduisant des faits observés et en l'appliquant spécialement au fœhn.

[2] Mémoire cité, note 11.

des Alpes, il règne parfois un vent du nord dont l'analogie avec le fœhn paraît incontestable.

M. Wild, actuellement directeur de l'Observatoire central de météorologie, à Saint-Pétersbourg, a le premier rendu attentif[1] à ces vents chauds et secs du sud des Alpes, et il les a considérés comme une preuve que la chaleur et la sécheresse de notre fœhn suisse ne doivent pas nécessairement être attribués à l'influence du Sahara. Pour lui, ces vents sont des *fœhns du nord* dus au courant équatorial qui, après avoir traversé le nord de l'Europe, se rabat parfois sur le centre de ce continent et vient même traverser les Alpes.

M. Hann, dans le présent Mémoire, donne des détails fort complets sur quelques cas remarquables pareils à ceux qu'à signalés M. Wild, et il examine l'ensemble de la situation météorologique au moment où ces vents ont régné.

L'auteur a d'abord examiné les observations faites à Lugano, pendant les quatre hivers de 1863 à 1866, et recherché les jours pendant lesquels la température s'élève en même temps que l'humidité relative moyenne descend à 50 °/₀ ou au-dessous. Plusieurs exemples (ainsi les 13, 14 et 15 décembre 1863; le 17 décembre 1866 ; le 1er février 1867, etc.) montrent nettement un accroissement souvent considérable de la température et une sécheresse prononcée accompagnant des vents du nord-est ou du nord-nord-est forts ou très-forts. Ce n'est pas, comme on pourrait le penser, la conséquence d'une sorte de réflexion d'un vent méridional produite par les Alpes.

[1] Dr H. Wild, *Ueber Föhn und Eiszeit*, 1868.

Durant ces jours-là, le baromètre est plutôt en voie ascensionnelle; le vent souffle du nord sur les sommets des Alpes; de l'autre côté de cette chaîne, les courants ont une direction généralement nord-ouest et sont dirigés contre les Alpes.

Les sciroccos[1] du 31 janvier au 2 février 1862 et de décembre 1863, fournissent des données particulièrement intéressantes sur le sujet, et M. Hann reproduit, dans son Mémoire, un grand nombre d'observations, recueillies dans un réseau très-étendu, et relatives à ces jours-là. Les tableaux publiés par l'auteur montrent clairement — malgré leur laconisme excessif — quelle était la situation météorologique du moment, et le savant météorologiste conclut de l'ensemble de ces documents, avec raison croyons-nous, que ce scirocco du sud des Alpes est l'analogue complet du fœhn des vallées septentrionales.

[1] M. Hann applique le nom de Scirocco, « *Scirroco der Südalpen* » à ces vents que M. Wild avait nommés fœhns du nord « *Nordfœhne.* » — Il est à craindre que l'expression de Scirocco s'applique ainsi toujours plus à des courants atmosphériques de nature très-diverse. — Dans d'autres parties de l'Italie, le Scirocco est un vent chaud, mais humide; c'est le cas à Naples, par exemple. Dans les observations de Rome, le R. P. Secchi nomme Scirocco un vent qui n'a évidemment point de ressemblance avec celui du versant sud des Alpes. Le Scirocco de la côte orientale d'Istrie décrit par Lorenz (*Physik-Verhältnisse*, cité par Dove) est un vent avec nuages, pluie, air très-humide, etc. Dans une communication particulière que je dois à M. Schmidt, directeur de l'Observatoire d'Athènes, ce savant nomme Scirocco des vents du S.-O. amenant de l'humidité et de la pluie, surtout en hiver. A Alger, en revanche, M. Bulard, Directeur de l'Observatoire, dans ses tableaux météorologiques, applique le nom de Scirocco au vent chaud et très-sec du S. ou S.-O. — Un mot qui a une signification aussi variable est par cela même nuisible dans les discussions scientifiques, Il serait préférable, pensons-nous, de conserver l'expression *fœhn du nord* de M. Wild.

Lors de la tempête du 31 janvier au 2 février 1862, la sécheresse, à la villa Carlotta (lac de Côme), atteignit 12 % le 1er février, dans l'après-midi; à 6 heures du soir, la température était 21°,9. Le 2 février, à 6 heures du matin, la température était 19°,1 et l'humidité réduite à 25 %. Le vent soufflait du nord-est ou nord-nord-est et le baromètre monta de 738mm à 747mm entre le matin du 1er février et le soir du 2 février. La sécheresse et le réchauffement, constatés en même temps dans d'autres vallées du sud des Alpes, ne furent guère sensibles à une certaine distance de la chaîne, ainsi à Milan. Pendant que régnait ce vent chaud et sec dans le midi, il y avait des pluies assez abondantes au nord des Alpes où le mouvement de l'air était généralement du nord-ouest. Il régnait un courant du sud-ouest dans le nord-ouest de l'Europe, et c'est probablement ce courant qui s'est infléchi vers le sud, a atteint les vallées alpines et a traversé la montagne pour devenir, sur le versant sud, un vrai fœhn du nord.

Le scirocco du 12 au 14 décembre est particulièrement remarquable. Le 13 décembre, le vent souffle fort ou très-fort du nord ou nord-est; le baromètre était un peu supérieur à la moyenne; le thermomètre se maintint, dès le matin, à 6 heures, jusqu'à 9 heures du soir, entre 19 et 17°,8; l'humidité demeura entre 14 et 26 %. Ces circonstances sont évidemment celles qui caractérisent aussi le fœhn au nord des Alpes, et on ne saurait méconnaître la similitude des deux phénomènes. La situation météorologique générale, pendant que ce fœhn du nord régnait au sud des Alpes, peut se résumer ainsi : le nord-ouest de l'Europe était chaud; le sud était plutôt froid. Le baromètre était plus haut dans le nord-ouest qu'il ne

l'était plus au sud. Le mouvement général de l'air venait de l'occident; mais tournait au sud-est ou au sud, près du versant septentrional des Alpes où la pluie était assez abondante.

Dans la période du 7 au 18 novembre 1867, il s'est produit successivement les deux circonstances qui déterminent l'une le fœhn du sud et l'autre celui du nord. Le 9 novembre, il régnait une tempête de fœhn au sud des Alpes; les vallées septentrionales étaient chaudes également, mais humides; le mouvement général de l'air se faisait du nord — : nord-ouest très-fort au Grimsel; nord-ouest au Rhigi; nord-est, très-fort, au St-Bernard. La sécheresse et la chaleur étaient très-notables sur le versant sud des Alpes, depuis le Tyrol méridional jusqu'à Aoste. Le 14, les circonstances changèrent. Il arriva des vents méridionaux, et les 15 et 16 novembre des courants violents de sud, sud-ouest et sud-est parcoururent les vallées suisses. Il plut abondamment dans tout le nord de l'Italie, tandis que les vallées septentrionales de la chaîne éprouvaient, de Bludenz à Martigny, un fœhn violent et caractérisé.

Ces circonstances, du 7 au 18 novembre 1867, sont un bon exemple pour « illustrer » les vues de M. Hann, conformes, d'ailleurs, à celles de M. Wild. Ces vues peuvent se résumer ainsi : le scirocco du sud des Alpes n'est pas autre chose qu'un fœhn renversé (tout au moins en hiver). Lorsque les courants chauds de sud-ouest et d'ouest traversent l'Europe centrale, ils s'inclinent parfois vers les Alpes, les franchissent et deviennent un vent chaud et sec dans les vallées méridionales. Mais ce cas est relativement rare. Ce qui est plus habituel, c'est que les grands courants du sud-ouest viennent atteindre les

Alpes en conservant leur direction de vents méridionaux; ils descendent alors sur le versant nord de la montagne et y deviennent ce fœhn des vallées septentrionales connu et célèbre depuis longtemps.

La variation de température que subit une masse d'air en descendant d'une certaine hauteur dans l'atmosphère, et en se comprimant, est la même que celle qui se produit lorsque cette même masse d'air s'élève d'une hauteur égale. L'air chaud que le fœhn apporte dans les vallées septentrionales des Alpes ne peut donc pas, par la compression, arriver à une température supérieure à celle qu'il possédait avant son ascension dans les couches élevées de l'atmosphère. Lors du fœhn du 23 septembre 1866, l'air des vallées alpines a atteint, en quelques points, une chaleur excessive, supérieure même à celle qui s'observait au niveau de la mer dans la plus grande partie de l'Europe méridionale. On est donc conduit à admettre l'un des deux termes de l'alternative suivante: ou bien l'air, en s'élevant à la hauteur de la chaîne alpine, ne s'est pas refroidi autant que cela devrait être par suite de l'expansion qu'il a subie; ou bien, en se précipitant dans les vallées septentrionales, il a acquis une chaleur plus grande que celle qui résulterait uniquement de la compression. Cette seconde supposition n'est guère admissible, car on ne voit pas quelle cause (outre la compression) pourrait réchauffer les masses d'air qui descendent, avec une grande vitesse, dans les vallées profondes du versant nord des Alpes. La première, en revanche, est fort probable, et M. Hann admet que c'est la présence de la vapeur d'eau qui empêche l'air ascendant de se refroidir beaucoup. L'air des courants méridionaux est

chargé de vapeur; en s'élevant, il se refroidit et sa vapeur se condense en partie. La chaleur latente devenue libre diminue le refroidissement de l'air qui arrive ainsi à la hauteur de la crête des Alpes avec une température plus élevée que s'il eût été sec. En se précipitant sur le versant nord, on conçoit qu'il puisse alors atteindre un réchauffement supérieur même à celui qu'il avait à l'origine, à de basses altitudes: étant devenu sec, il possédera comme chaleur sensible la chaleur latente de la vapeur qui s'accompagnait primitivement.

Si cette hypothèse est juste, le fœhn du nord des Alpes doit coïncider avec des précipitations aqueuses sur le versant sud de la chaîne, et c'est en effet ce qui arrive, au moins le plus souvent. J'ai cependant fait remarquer [1] que le 22 septembre 1866, le fœhn régnait déjà violent et bien caractérisé, dans plusieurs des vallées suisses, alors que la pluie n'avait pas encore commencé à tomber sur la crête des Alpes et sur le versant sud. Il est possible que, au début de la tempête, les premières condensations, au sud de la chaîne, fournissent d'abord de la vapeur vésiculaire, des brouillards, tandis que la précipitation intervient seulement lorsque cette condensation se prolonge. Le 22 septembre, en effet, des brouillards sont signalés sur les hautes stations alpines. Il est possible aussi que les masses d'air qui forment les premières bouffées de fœhn se soient élevées dans l'atmosphère à une assez grande distance au sud ou au sud-ouest des Alpes; la condensation a pu alors donner lieu à des pluies sur la Méditerranée ou sur le midi de la France [2].

[1] Mémoire cité, § 52.

[2] Une autre circonstance qui me porterait à admettre que les

En appliquant les remarques qui précèdent aux fœhns du sud des Alpes, on conçoit que leur apparition doive coïncider avec des précipitations aqueuses au nord de la chaîne, et c'est effectivement ce qui a eu lieu dans les exemples cités par M. Hann et dans ceux qu'avait signalés, précédemment déjà, M. Wild.

Comme conséquence des considérations qui viennent d'être indiquées, il est clair que la loi du décroissement de la température ne doit pas être la même des deux côtés de la chaîne alpine durant les tempêtes de fœhn. Lors d'un fœhn dans les vallées septentrionales, la température doit décroître, avec la hauteur, plus faiblement au sud des Alpes et plus fortement au nord. Ce doit être l'inverse lors d'un fœhn des vallées méridionales. M. Hann exprime cette conséquence en énonçant la loi suivante : du côté d'où vient le vent, la température doit décroître plus lentement avec la hauteur ; du côté où souffle le

masses d'air qui deviennent le fœhn au nord des Alpes commencent à s'élever dans l'atmosphère à une assez grande distance de cette chaîne, c'est le calme relatif de l'air en Italie, même dans les stations très-voisines du versant sud des Alpes. C'est assurément un fait remarquable que la précipitation, durant deux ou trois jours, d'un énorme volume d'air de la crête des Alpes dans les vallées, depuis Salzburg jusqu'à Genève (c'était le cas du 22 au 24 septembre 1866), alors que, de l'autre côté de la montagne, l'atmosphère demeure sensiblement calme. Ce calme est dû peut-être d'ailleurs précisément à la présence des Alpes qui fonctionnent comme un immense écran, empêchant le mouvement, vers le N. ou le N.-E., des couches inférieures de l'air. La partie du courant du S.-O. qui arrive dans la direction des Alpes, s'élève probablement peu à peu, à une grande distance de la chaîne déjà, en glissant, en quelque sorte, sur la masse d'air inférieure immobilisée, et c'est seulement sur le sommet de la chaîne que le vent commence à se faire sentir.

fœhn, elle doit décroître plus rapidement. Les faits confirment complétement ces déductions. Déjà lors du fœhn du 23 septembre 1866, la comparaison d'un grand nombre de stations dans les vallées suisses et sur les hauteurs m'avait amené à conclure que « la différence entre « la température des couches profondes de l'atmosphère « et celle des couches élevées était *plus considérable* « qu'elle ne l'est habituellement. » M. Hann, en calculant la variation de température au sud et au nord des Alpes, dans diverses tempêtes de fœhn ou de scirocco, montre que, en moyenne, du côté d'où vient le vent, la température décroît de 0°,48 pour 100 mètres; tandis que, du côté du fœhn, le décroissement est d'environ 1° pour 100 mètres.

L'analogie établie par M. Hann entre les fœhns du nord des Alpes et ceux, plus rares, des vallées méridionales est sûrement d'un très-grand intérêt, et par cette comparaison le savant météorologiste donne toujours plus de probabilité à la théorie qui attribue le fœhn aux circonstances locales que détermine une chaîne de montagnes. Dès qu'on trouve le caractère de haute température et de sécheresse aux courants qui, sur l'un et l'autre versant, arrivent de la montagne et ont dû par conséquent descendre d'une altitude plus élevée dans les couches profondes, il est évidemment fort probable que ce double caractère dérive du fait de la descente: l'air se réchauffe par le fait qu'il est comprimé, et il est sec par le fait qu'il n'a pas eu le temps de se charger de vapeur durant son réchauffement.

Les circonstances qui se produisent au nord et au sud des Alpes doivent très-probablement se rencontrer aussi

au pied d'autres massifs de montagnes à la surface de notre globe. M. Hann en a déjà signalé des exemples. M. Rink[1] a décrit un fœhn du Groenland remarquable, comme celui de la Suisse, par son influence sur les champs de neige. M. Mohn, à Christiania, dit[2] : « Nous avons ici, en Norwège, un vent analogue au fœhn et remarquable par sa sécheresse. Par des vents du sud ou sud-est, l'air est souvent très-sec au nord de Dovre Fjeld, tandis que, au sud, l'air est humide et pluvieux. Par des vents d'ouest jusqu'à nord, il pleut passablement sur le versant ouest de la montagne, tandis que les contrées norvégiennes qui sont au sud-est ont un ciel pur et un air sec. » M. Reissenberger, de Hermanstadt, a décrit[3] un vent analogue, le vent du Rothenthurm, qui souffle du sud et demeure localisé dans la vallée de Hermanstadt. Il se fait remarquer par sa température élevée et sa sécheresse.

Les vallées du versant nord des Alpes sont particulièrement bien situées pour ressentir un vent à la fois très-sec et très-chaud. Le courant qui les atteint a dû passer sur la crête d'une chaîne très-élevée ; ce courant d'ailleurs a une origine méridionale, et il est déjà chaud par son origine même. En montant dans les couches élevées, il doit se refroidir moins parce que, rameau dérivé des grands courants du sud-ouest et venant de l'Atlantique, il est fortement chargé de vapeur d'eau qui se condense durant l'ascension. C'est sans doute à cause de ces circonstances favorables que le fœhn des vallées de la Suisse

[1] Cité par M. Hann.
[2] Cité par M. Wild. — *Der schw. Föhn*, etc., p. 12.
[3] *Zeitsch. der œst. Met. Ges.*, avril 1868.

et du Tyrol a été depuis longtemps remarqué. Mais on est en droit de penser que des vents pareils doivent se rencontrer, du plus au moins, au pied de tous les grands massifs de montagnes à la surface de notre terre, lorsque la distribution de la pression atmosphérique vient déterminer un courant descendant, et je crois, avec M. Hann, que les faits justifieront cette prévision à mesure que nos connaissances météorologiques seront plus complètes.

L. DUFOUR.

Lausanne, février.

DE LA

PHOSPHORESCENCE DES GAZ RARÉFIÉS

APRÈS LE PASSAGE DE LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE

PAR

M. ÉDOUARD SARASIN

Dans une série de recherches sur la transmission de l'électricité à travers les gaz raréfiés entreprise dernièrement par M. de la Rive et auxquelles il avait bien voulu m'associer, nous avons pu observer à plusieurs reprises des effets très-marqués de persistance lumineuse après l'interruption du courant; effets tout à fait analogues à ceux qu'avaient décrits précédemment M. E. Becquerel [1] et M. Morren [2]. J'ai fait de ce point spécial une étude particulière et je viens exposer ici quelques faits nouveaux qui sont de nature, je crois, à indiquer la voie dans laquelle on pourra trouver la théorie vraie de ces faits restés jusqu'ici sans explication bien satisfaisante.

Avant d'entrer en matière, j'éprouve le besoin d'exprimer ma profonde reconnaissance envers M. de la Rive qui a bien voulu suivre d'un bout à l'autre ces modestes expériences, m'aidant de ses précieuses directions et mettant généreusement à ma disposition son laboratoire et ses appareils. Si les faits qui vont suivre sont jugés di-

[1] *La lumière, ses causes et ses effets*, par M. E. Becquerel. Paris, 1867 et 1868, tome I, p. 192-196.

[2] *Annales de Chimie et de Phys.*, 4me série, 1865, tome IV, p. 293.

gnes de quelque intérêt, c'est à lui seul qu'il faudra l'attribuer.

La découverte de cette propriété qu'ont certains gaz de rester lumineux quelque temps après l'interruption de la décharge électrique est due probablement à M. Geissler de Bonn; c'est du moins dans les tubes qui portent son nom que M. Becquerel les a observés pour la première fois. Il y avait probablement introduit de l'oxygène ou de l'acide sulfurique. Quoi qu'il en soit, le phénomène dont il s'agit, consiste en une lueur blanchâtre persistant dans l'intérieur du tube un temps plus ou moins long après l'interruption du courant et dont l'intensité et la durée varient avec la nature du gaz et sa pression.

M. Becquerel attribua cette propriété sans autre explication à l'oxygène pur, ou mélangé à d'autres gaz ou même à l'état de combinaison comme dans l'acide sulfureux par exemple.

M. Morren, qui reprit cette question après lui, nia que l'oxygène pur pût donner la phosphorescence, il prétendit que le phénomène exigeait pour se produire que d'autres gaz et en particulier l'azote fussent mélangés à l'oxygène. Il reconnut de plus que la persistance lumineuse devient encore plus intense en ajoutant à ce mélange des vapeurs d'acide azotique monohydraté ou mieux encore d'acide sulfurique concentré. Il attribua dans ce dernier cas la phosphorescence à la formation d'un composé déterminé ayant pour formule $AzO^5 2SO^3$ le même gaz rutilant qui se produit dans les chambres de plomb lors de la fabrication de l'acide sulfurique. Néanmoins l'existence de ce composé, malgré une analyse faite par lui dans des circonstances particulières, n'en demeure pas moins fort problématique dans la plupart des cas; on ne

peut donc point faire reposer sur elle une théorie générale du phénomène de la phosphorescence. On ne se rend même pas bien compte comment la phosphorescence serait produite par ce corps, à supposer même qu'il se formât réellement. Quoi qu'il en soit, les deux physiciens que nous avons cités sont d'accord pour attribuer dans tous les effets de ce genre une action prépondérante à l'oxygène et à sa facilité de combinaison. De là à voir dans le phénomène une réaction chimique qui fût la conséquence directe des propriétés bien connues de l'oxygène, il n'y avait pas loin, et c'est dans ce sens que nous nous sommes efforcés de compléter les résultats déjà obtenus par M. Becquerel et M. Morren. C'est là, en effet, ce qui constitue principalement l'intérêt de ces recherches, car il est curieux de constater des actions chimiques énergiques, assez énergiques même pour produire des effets lumineux, dans ce qu'on eût appelé, il n'y a pas bien longtemps encore, le vide.

Appareil. — Les expériences que nous voulons décrire ici ont été faites dans une grande cloche de 20 centimètres de diamètre et 30 centimètres de hauteur reposant directement sur la platine d'une pompe pneumatique à système Babinet, avec laquelle on pouvait obtenir facilement des vides d'un demi-millimètre, ce qui est plus que suffisant pour ce genre de recherches. L'emploi d'une cloche de grande dimension de préférence à des tubes avait le double avantage d'éliminer toute action des parois, et de rendre le phénomène plus sensible en l'étendant à un grand volume. Les électrodes consistaient en deux tiges de laiton au bout desquelles étaient vissés deux disques minces en laiton, platine ou argent. L'une était fixée sur l'ajutage en

laiton placé au centre de la platine, l'autre dans une plaque de verre s'appliquant exactement sur l'ouverture supérieure de la cloche. La colonne gazeuse comprise entre ces deux disques avait 20 centimètres de longueur. Ils étaient mis en communication avec les deux pôles d'une bobine de Ruhmkorff de grandeur moyenne, dans laquelle circulait le courant de quatre éléments de la pile de Grove, modifiée par M. de la Rive. Les tuyaux de la pompe et avec eux la cloche étaient mis en communication par des tuyaux de plomb d'une part, avec un appareil de dessication par lequel on introduisait les gaz; d'autre part avec un manomètre muni d'une lunette et d'une division micrométrique permettant de lire les 25mes de millimètre, et en troisième lieu avec un tube en laiton dans lequel on introduisait des ampoules contenant des gaz préparés chimiquement purs, que l'on cassait ensuite après avoir fait un bon vide dans l'appareil.

Cela étant, nous allons indiquer les résultats donnés par les différents gaz ou vapeurs sur lesquels nous avons opéré: d'abord l'oxygène et ses composés, puis quelques autres gaz simples ou composés mais ne renfermant point d'oxygène.

Oxygène. — Il a été fait un grand nombre d'expériences, soit sur l'oxygène préparé par le procédé ordinaire avec du chlorate de potasse, soit sur l'oxygène parfaitement pur obtenu au moyen de la décomposition de l'eau par la pile[1]. Pour obtenir le gaz bien pur dans l'appareil, on

[1] L'appareil servant à la préparation de l'oxygène pur consistait en un petit vase cylindrique en verre contenant l'électrode négative formée par une feuille de platine et dans lequel plongeait un diaphragme contenant l'électrode positive également en platine. Ce diaphragme

faisait d'abord un bon vide dans la cloche et dans les tuyaux, puis l'on introduisait de l'oxygène ordinaire; on faisait de nouveau un vide d'un millimètre environ, puis l'on cassait l'ampoule renfermée dans le tube décrit ci-dessus, laquelle contenait l'oxygène chimiquement pur de la pile. En employant plusieurs tubes à ampoules, on pouvait même répéter plusieurs fois de suite cette dernière opération. Dans ces circonstances-là, l'oxygène a toujours donné le phénomène de la persistance lumineuse après l'interruption du courant de la bobine d'induction. Pour bien apercevoir cette phosphorescence et n'être pas ébloui par le passage de la décharge, il faut tenir les yeux fermés pendant tout le temps qu'elle passe, et les ouvrir à l'instant où l'on tourne l'interrupteur de la bobine. On aperçoit de la sorte une lueur blanchâtre très-pâle et assez peu prolongée sur tout le trajet parcouru précédemment par le jet. Aux basses pressions, c'est-à-dire à 3^{mm} et au-dessous, cette lueur remplit toute la cloche. C'est en général à 2^{mm} que l'on obtient le maximum d'effet, soit pour l'intensité lumineuse, soit pour la durée. Il semble donc bien établi que l'oxygène isolé et parfaitement pur produit le phénomène de la persistance lumineuse. Si donc celle-ci, comme il était naturel de l'admettre, était la conséquence d'une réaction chimique d'une

se prolongeait en un tube en verre soudé à sa partie supérieure et formant tube de dégagement. Dans un renflement de ce tube de dégagement on avait introduit de la mousse de platine que l'on chauffait avec une lampe à alcool pendant tout le temps de l'opération, de manière à réduire en eau la très-petite quantité d'hydrogène qui aurait pu se trouver mélangé à l'oxygène. De là le courant gazeux passait dans un tube plein de chlorure de calcium, et enfin dans une série de tubes en verre ou d'ampoules que l'on fermait ensuite à la lampe quand le dégagement avait duré assez longtemps pour chasser tout l'air.

recomposition après coup des éléments dissociés par le courant, on devait supposer que dans ce cas particulier elle tenait à la production de l'ozone, et en effet en absorbant l'ozone au fur et à mesure du passage de l'étincelle on arrive à supprimer presque entièrement la phosphorescence. M. de la Rive m'a conseillé d'employer à cet effet de la poudre d'argent préparée à l'aide de l'acide formique. On connaît en effet la propriété de l'argent d'absorber l'ozone. Cette poudre, étendue sur le disque formant l'électrode inférieure, n'a pas tardé lors du passage du jet à 3^{mm} et au-dessous à devenir toute noire par l'absorption de l'ozone. Cette absorption a paru s'effectuer indifféremment au pôle négatif et au pôle positif. Au pôle négatif il se formait du protoxyde d'argent reconnaissable à sa couleur vert olive ; tandis qu'au pôle positif la poudre affectait une couleur brun-noir qui paraît indiquer du suboxyde[1]. Enfin cette absorption ne s'accomplit pas d'une manière sensible en d'autres points de la masse gazeuse. En même temps que la poudre noircit, la phosphorescence diminue considérablement dans l'intérieur de la cloche jusqu'à devenir à peu près insensible, preuve évidente par conséquent de la concomitance de ces deux phénomènes production d'ozone et phosphorescence. On diminue déjà sensiblement la phosphorescence en employant comme électrode des rondelles d'argent, qui sont alors légèrement noircies aussi.

Aucun gaz simple autre que l'oxygène ne possède la

[1] L'étincelle électrique devrait, semble-t-il, produire une oxydation plus forte au pôle positif, où elle est très-concentrée, qu'au pôle négatif où elle s'épanouit jusqu'à recouvrir entièrement un disque de 70 centim. de diamètre. C'est le contraire qui se produit, d'où l'on est porté à conclure que l'ozone a une plus forte tendance à se porter au pôle négatif qu'au pôle positif.

même propriété. On a observé successivement l'hydrogène, l'azote, le chlore, les vapeurs d'iode[1], et aucun d'eux n'a donné la moindre trace de phosphorescence. Ce résultat est important pour le chlore et l'iode que l'on tend toujours à rapprocher de l'oxygène. Les gaz composés ne renfermant pas l'oxygène en combinaison ne paraissent pas pouvoir la donner non plus. Ainsi l'ammoniaque, l'hydrogène carboné ou gaz d'éclairage, et l'acide chlorhydrique n'ont pas présenté la moindre trace d'une persistence lumineuse après le passage de la décharge électrique. Il en est de même de l'air atmosphérique, lequel ne produit aucun effet appréciable malgré l'oxygène qu'il renferme mélangé à l'azote. Il semble donc que le passage de la décharge électrique ne puisse point produire d'ozone dans l'air à ces basses pressions.

En revanche, les composés d'oxygène présentent tous plus ou moins cette propriété et quelques-uns d'entre eux à un très-haut degré.

Acide sulfurique. — Entre tous les corps qui ont été étudiés, l'acide sulfurique est celui qui produit la phosphorescence la plus intense. Il est vrai qu'il n'a été étudié qu'à l'état de vapeurs répandues dans un gaz raréfié. Il importe cependant de remarquer qu'il produit le phénomène même lorsqu'il n'est mélangé qu'avec de l'azote, le-

[1] Les vapeurs d'iode répandues dans un gaz raréfié, par exemple de l'air, donnent à l'étincelle électrique une apparence très-particulière. A 6^{mm} ou 8^{mm} elle forme une sorte de gerbe composée d'un grand nombre de jets différents contenus dans un brouillard un peu plus pâle le tout d'une belle teinte lilas. Aux basses pressions la gerbe se transforme en un jet à peu près continu, présentant des stries très-fines, mais jamais aucun espace noir, les stries continuent même au delà de l'électrode négative le long de la tige en laiton qui la supporte.

quel gaz ne donne pas par lui-même de phosphorescence. Pour opérer sur des vapeurs d'acide sulfurique, on disposait simplement sur la cloche une large capsule remplie de cet acide très-concentré ou d'acide de Nordhausen. Après cela, quand on fait le vide, les vapeurs d'acide sulfurique ne tardent pas à se répandre dans toute la cloche, en assez grande quantité pour changer d'une manière notable l'apparence de la décharge électrique et produire tout autour du jet une sorte de brouillard blanchâtre très-faible qui remplit toute la cloche aux basses pressions[1]. Répandues ainsi dans l'azote, dans l'air atmosphérique, dans le protoxyde d'azote, l'acide carbonique et l'oxyde de carbone raréfiés, ces vapeurs d'acide sulfurique produisent toujours une phosphorescence très-forte et très-prolongée. En revanche, le mélange d'acide sulfurique et d'hydrogène n'a jamais donné le moindre effet appréciable. Ce fait demeure sans explication.

Il s'agissait maintenant de voir si cette forte phosphorescence produite par l'acide sulfurique provenait ou non d'une décomposition chimique. Si cela était, on devait pouvoir s'en assurer en absorbant l'un des produits de la décomposition. Et c'est précisément ce que l'on a fait en employant le même procédé que dans le cas de l'oxygène. A cet effet, l'on disposa de nouveau comme électrode inférieure un large disque métallique recouvert de poudre

[1] L'on ne peut guère, en effet, attribuer cette action qu'aux vapeurs d'acide sulfurique. On pourrait croire, il est vrai, qu'elle tient à l'acide sulfureux que renferme l'acide sulfurique; mais la phosphorescence de l'acide sulfureux n'est pas comparable à celle que l'on obtient dans ce cas. Il semble donc que l'on puisse conclure de cette expérience que l'acide sulfurique pur et concentré émet des vapeurs sensibles dans le vide, contrairement à ce que l'on avait admis jusqu'ici.

d'argent. La cloche renfermant une capsule pleine d'acide sulfurique concentré ou de Nordhausen, fut remplie d'azote bien pur et bien desséché, et après avoir amené le mélange à une pression de 2^{mm} à 3^{mm}, on fit passer le courant. L'on vit alors au lieu de la belle phosphorescence produite par l'acide sulfurique dans l'azote, une lueur très-faible et très-pâle qui ne lui était plus comparable. De la même manière que dans le cas de l'oxygène, la poudre d'argent avait détruit la phosphorescence, ou du moins presque entièrement; en même temps elle était devenue toute noire sur la plus grande partie de sa surface.

Puisqu'il n'y avait que de l'azote dans la cloche outre les vapeurs d'acide sulfurique, l'oxygène absorbé par l'argent ne pouvait provenir que des vapeurs acides. Preuve par conséquent de ce double fait: décomposition de l'acide sulfurique par le courant et production de la phosphorescence par l'action de l'oxygène naissant ou de l'ozone.

Acide sulfureux.—Il n'a été fait qu'une seule expérience sur l'acide sulfureux; il a donné une phosphorescence faible mais cependant bien marquée. Le jet est d'un beau bleu et présente des stries très-nettes à toutes les pressions.

Acide azotique.—Il n'a été fait également qu'une seule expérience sur les vapeurs d'acide azotique répandues dans de l'air raréfié, en disposant de même sous la cloche une petite capsule remplie d'acide azotique concentré. Elles ont donné une phosphorescence beaucoup plus faible que l'acide sulfurique.

Acide hypoazotique. — Même effet que le précédent.

Protoxyde d'azote[1]. — Ce gaz est le plus curieux entre tous ceux qui ont été étudiés, et cela tant au point de vue de l'apparence du jet qu'au point de vue de la phosphorescence très-intense qu'il donne.

Je ne sais pas si l'apparence que prend l'étincelle électrique dans le protoxyde d'azote raréfié a jamais été décrite : à 10^{mm} et même déjà à des pressions supérieures, l'on a un jet étroit d'un rose vif présentant des petites stries très-fines et très-nettes, et tout autour de ce jet une gaîne jaune très-brillante de 8^{mm} à 10^{mm} d'épaisseur dont le contour est très-nettement tranché et qui a l'apparence d'un brouillard. A mesure que la pression diminue le jet s'élargit comme toujours et la gaîne se répand plus avant dans la cloche en perdant de son éclat, à 2^{mm} elle la remplit tout entière. A un demi-millimètre l'on voit un large jet rose, avec d'énormes stries s'étendant jusqu'aux parois de la cloche, le tout noyé dans un brouillard jaunâtre. Le protoxyde d'azote donne la phosphorescence à toutes les pressions à partir de 8^{mm} à 10^{mm} : d'abord elle est presque instantanée mais très-brillante, occupant exactement l'espace que la gaîne jaune occupait précédemment. A mesure que le vide devient meilleur, la phosphorescence est plus prolongée, et, enfin, à 1^{mm} l'on voit après l'interruption de l'étincelle un brouillard jaune assez brillant au début pour éclairer très-sensiblement les objets environnants et durant deux ou trois secondes au moins. Le même brouillard jaune qui remplissait la

[1] Le protoxyde d'azote était préparé par le procédé ordinaire, avec de l'azotate d'ammoniaque et lavé par le passage à travers plusieurs flacons renfermant une dissolution concentrée de potasse, puis recueilli dans un gazomètre, duquel on le faisait passer à volonté dans les appareils en le desséchant préalablement par le passage dans un tube rempli de ponce sulfurique.

cloche pendant le passage subsiste encore un instant après en s'affaiblissant de plus en plus. L'effet est plus marqué encore en ajoutant des vapeurs d'acide sulfurique au protoxyde d'azote. C'est là vraiment une des expériences les plus curieuses que l'on puisse faire dans le domaine des effets lumineux de l'électricité. Elle est d'ailleurs très-facile à répéter.

L'acide carbonique et *l'oxyde de carbone* purs et isolés donnent l'un et l'autre une phosphorescence très-marquée, et qui devient très-forte lorsqu'on leur ajoute des vapeurs d'acide sulfurique. Ici encore la phosphorescence a été détruite par la poudre d'argent déposée sur l'une des électrodes. Dans une expérience, entre autres, faite sur l'oxyde de carbone avec la poudre d'argent, on n'obtenait déjà plus au début qu'une phosphorescence presque imperceptible, et après un séjour de vingt-quatre heures de cette poudre dans le gaz raréfié la phosphorescence avait entièrement disparu.

A côté de ces expériences, il a été fait pour chaque gaz ou mélange gazeux une évaluation approximative de sa conductibilité. Je n'insisterai pas ici sur ce point, je me permettrai seulement de faire remarquer que dans tous les cas l'addition des vapeurs d'acide sulfurique a sensiblement diminué la conductibilité des différents gaz dont il a été question, toutes conditions égales d'ailleurs.

Ces expériences sont évidemment encore incomplètes; elles auraient pu être étendues à un plus grand nombre de gaz et de mélanges gazeux; elles auraient pu aussi être complétées efficacement peut-être dans certains cas par des analyses spectrales. Telles qu'elles sont cependant, elles ont établi clairement:

1° Que l'oxygène pur donne la phosphorescence ;

2° Que les gaz composés d'oxygène la donnent également, soit qu'ils soient purs, soit qu'ils soient mélangés à d'autres gaz ou vapeurs;

3° Enfin, que la présence de l'oxygène est indispensable pour la production du phénomène.

Elles auront de plus démontré, je l'espère, que le phénomène tient à une action chimique, et jeté en outre un certain jour sur la nature de cette action chimique elle-même.

Voici, en effet, d'après les faits qui précèdent, ce qui doit se passer dans tous les cas de phosphorescence.

Le gaz est décomposé par le passage du courant, l'oxygène qu'il renfermait se trouve alors répandu dans tout ou partie de la masse gazeuse à l'état d'oxygène naissant ou à l'état d'ozone. A cet état il a une très-forte tendance à se combiner avec les éléments en présence, et, en effet, dès que l'action du courant cesse il se recombine avec eux. Cette recombinaison de l'oxygène naissant ou de l'ozone s'effectuant avec une grande énergie, doit être accompagnée d'un dégagement considérable de chaleur lequel produit à son tour ce phénomène lumineux que nous avons appelé la phosphorescence des gaz. Cette recomposition s'effectue déjà en partie pendant le passage du courant tout autour du jet, de là ces brouillards lumineux répandus dans tout ou partie de la cloche.

NOTICE

SUR LA

CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DU MONT CERVIN

PAR

M. GIORDANO, Ingénieur.

(Avec une planche.)

Le mont Cervin est formé de la base au sommet d'une succession assez régulière d'assises ou couches un peu inclinées vers le ouest-nord-ouest. En partant du val Tournanche, près du Breil, où l'absence presque complète de glaciers permet l'examen des roches, et soit en descendant longtemps vers Châtillon, soit en montant jusqu'à l'altitude de près de 3000 mètres sur les flancs de cette montagne, on observe partout une succession de schistes d'un vert sombre ou gris, tantôt serpentineux tantôt talqueux, chloriteux ou amphiboliques, ceux-ci abondent surtout à la partie inférieure de la formation. Les schistes serpentineux présentent plusieurs aspects divers: tantôt feuilletés, tantôt passant à la serpentine compacte ou à l'euphotide (feldspath et diallage en cristaux) et renfermant çà et là des noyaux de stéatite ollaire. Ces couches schisteuses alternent plusieurs fois avec des bancs de calcaire cristallin micacé très-schisteux ou calschiste à surfaces luisantes et d'une couleur brunâtre. Ces schistes calcaires lustrés d'un aspect assez caractéristique contiennent beaucoup de veinules et de noyaux de quartz blanc. Ils présentent souvent des bancs d'une

grande puissance et en plusieurs endroits ils ont une grande étendue. Quoique très-cristallins, ils se délitent facilement. Outre ces calcaires schisteux la même formation contient des bancs de calcaire compacte plus ou moins dolomitique, de la vraie dolomie, de la cargneule, du gypse, du calcaire siliceux et enfin des vrais quartzites blancs et schisteux pouvant servir de dalles. Ces dernières roches calcaires ou quartzeuses ne forment généralement pas des couches d'une continuité absolue, mais plutôt une suite de lentilles ou de bancs plus ou moins vastes, situés dans le même horizon.

Cette puissante formation calcaréo-serpentineuse, caractérisée surtout par la couleur verte ou sombre qui domine dans les schistes, est très-étendue dans les environs du mont Cervin, et je dirai même tout autour du noyau granitique et gneissique du Mont-Rose qui en est enveloppé comme d'un manteau presque continu, à l'exception de la partie orientale où les roches feldspatiques (gneiss) se montrent à nu sur une grande longueur. Dans le val Tournanche, on voit cette même formation calcaréo-serpentineuse de Chatillon au col de Saint-Théodule et jusqu'aux cimes du Breithorn et des Jumeaux.

Je remarquerai seulement que les calcaires dolomitiques compactes ainsi que les quartzites sont abondants en plusieurs points du val Tournanche, et ne se montrent pas sur la partie de la base du mont Cervin que l'on gravit pendant l'ascension. En suivant cette base du côté de l'Italie, à la hauteur de 3000 mètres environ, après les derniers schistes calcaires, on passe d'abord sur des schistes d'un vert-clair et ensuite sur une masse énorme d'euphotide granitoïde bien caractérisée. Les éléments (feldspath blanc-verdâtre et diallage vert-olive) sont tantôt de

grosseur médiocre, tantôt assez volumineux. La masse est traversée par des veines euritiques blanchâtres. Cette roche massive ne cesse qu'à l'altitude de 3580 mètres sous le col du Lion; elle se présente sous forme d'un vrai banc intercalé dans les roches schisteuses avec l'épaisseur énorme d'environ 500 mètres. J'ai vu cette même masse reparaître au pied nord-ouest du pic sur le glacier de Zmutt, et son prolongement, quoique peu puissant, se montre au delà du glacier, au Stockje et au Schönbühl; mais, chose étrange, il n'y en a pas de traces sur le flanc nord-est du pic par où l'on descend vers Zermatt. De ce côté l'euphotide est remplacée par du gneiss talqueux entremêlé de zones blanches quartzifères ou feldspathiques. A l'ouest aussi sous le Mont-Tabor ou Dent d'Herens, cette masse granitoïde disparaît dans le même gneiss talqueux qui au-dessus devient la roche dominante. Cette masse d'euphotide formerait donc, ainsi que l'indique la coupe (Pl. II, fig. 1), une espèce de grosse lentille passant de tous côtés au gneiss talqueux. Dans le flanc du Stockje sur le glacier de Zmutt l'on voit même l'euphotide alterner plusieurs fois en veines minces avec le gneiss et se perdre dans sa masse.

En faisant l'ascension du mont Cervin, à partir du col du Lion où l'on observe une certaine épaisseur de schistes clairs parfois tachés de fer, on est sur la formation du gneiss talqueux verdâtre qui constitue toute la pyramide du pic. Ce gneiss est souvent à gros noyaux et d'un aspect porphyroïde. Il alterne toutefois en quelques endroits avec des schistes micacés ou talqueux et avec des zones de quartzite, comme par exemple à l'endroit de la baraque du côté de l'Italie, où la destruction facile d'une bande talqueuse a formé un long talus qui conserve la neige et

auquel on a donné le nom de Cravate. Un peu au-dessous de celle-ci et plus haut, à quelques mètres seulement au-dessous de la pointe du pic, j'ai encore remarqué une répétition de schistes serpentineux tendres, analogues à ceux de la formation inférieure, mais dans aucun point de la pyramide je n'ai pu voir de calcaires. Le sommet est un gneiss dur très-quartzifère et foudroyé à la surface.

Cette formation de gneiss-talqueux qui a environ 1500 mètres de puissance, se présente également en couches concordantes avec la formation calcaréo-serpentineuse du bas, le tout, ainsi qu'on l'a déjà dit, est légèrement relevé vers le Mont-Rose. Cependant sur le versant nord du pic, au-dessus de la masse d'euphotide ainsi que plus haut, on peut remarquer dans les couches de gneiss et de schiste des plissements assez forts ; mais ceux-ci ne paraissent guère affecter toute la montagne, ils n'ont par conséquent qu'une importance secondaire.

En descendant le pic du côté de Zermatt le long de l'arête dite de Hörnli, et en parcourant la base du versant nord sur le glacier de Zmutt, l'on voit partout les schistes calcaires, la formation dite serpentineuse et l'euphotide paraître dessous le gneiss ; c'est évidemment la continuation des couches de Furgen et du col Saint-Théodule. Ces mêmes couches au delà du glacier de Zmutt plongent au nord en s'enfonçant sous les hautes cimes valaisannes, de la Dent-Blanche, du Gabelhorn, etc. (fig. 2). — La superposition du gneiss talqueux à la formation calcaréo-serpentineuse est donc bien établie par la coupe du mont Cervin, et ce fait, malgré sa simplicité, a une certaine valeur, ainsi qu'on pourra le voir par la suite.

Il se présente ici une première question. Quel est l'âge géologique des roches du Cervin ? La réponse est fort

difficile à faire. Ces couches sont bien d'origine sedimentaire, mais elles sont toutes cristallines et n'ont jamais fourni de traces d'êtres organisés. Toutefois les études d'éminents géologues modernes dans les Alpes occidentales les ont amenés à la conviction que la formation des schistes calcaires, dolomies[1], cargneules, gypses et quartzites peut représenter le trias. La présence de sources plus ou moins salées aux environs de val Tournanche, dans certaines parties de ce terrain, confirme ce rapprochement. Je dirai aussi que dans plusieurs endroits de la vallée d'Aoste, cette formation contient des lits intercalés assez riches en pyrite de fer et de cuivre. A Saint-Marcel, Champ de Praz, Ollomont et Alagna, on exploite depuis longtemps une couche de schiste chloriteux quartzifère fort riche en pyrite cuivreuse. D'après M. Gerlach, elle paraîtrait un peu inférieure à la formation des calschistes et dolomies. Cette couche cuprifère pourrait avoir un certain rapport avec le gîte du Mansfeld, considéré par les géologues allemands comme faisant partie du terrain permien.

Outre ces analogies, on a reconnu dans quelques points des Alpes des relations stratigraphiques qui peuvent éclaircir ce sujet.

Aux environs du Mont-Rose et ailleurs la formation schisteuse dont je parle est directement superposée à des micaschistes anciens et aux gneiss et granites très-feldspathiques du Mont-Rose; mais ailleurs, comme par exemple le long de la vallée du Rhône, elle semble superposée au terrain anthracifère alpin. Ce terrain, qui est regardé comme le représentant du terrain carbonifère, n'apparaît souvent dans les Alpes qu'en zones minces, ce qui expliquerait la superposition directe de la formation schisteuse aux schis-

tes et gneiss anciens qui se voit au Mont-Rose et ailleurs. En d'autres endroits au contraire, comme par exemple au col Ferret près du Mont-Blanc, cette formation calcarifère est en contact avec des couches évidemment liasiques; on peut la regarder comme intermédiaire entre le terrain carbonifère et les terrains secondaires; elle est peut-être l'équivalent de l'un des étages du terrain permien ou du terrain triasique; seulement les altérations profondes qu'ont généralement subies les roches des Alpes, rendent son aspect lithologique très-différent de celui que présentent ces deux derniers terrains dans les parties plus septentrionales de l'Europe.

Je m'empresse toutefois de déclarer que j'expose comme une hypothèse ce rapprochement; je n'ai pas encore fait un nombre suffisant d'observations pour pouvoir assigner avec certitude à cette formation un âge postérieur à celui du terrain anthracifère avec lequel elle semble quelquefois intercalée. Il est vrai que, dans les parties des Alpes décrites ici, les couches ont été si remarquablement tourmentées que le métamorphisme et les enchevêtrements des différents terrains les rendent souvent très-difficiles à bien distinguer. Ainsi donc tout en ne repoussant pas cette hypothèse, il ne faut l'admettre qu'avec beaucoup de réserve.

Vient une seconde question un peu moins générale, mais qui peut trouver sa solution dans l'examen de la coupe géologique du mont Cervin.

Dans quelques-unes des cartes géologiques des environs de cette montagne, le pic même, ainsi que les autres sommets analogues du Valais sont marqués par la couleur rouge indiquant des roches cristallines anciennes. Je sais en outre que des géologues d'un grand mérite n'ont

pu se décider à considérer la formation supérieure du gneiss granitoïde comme postérieure aux calcaires schisteux et dolomitiques, à cause de l'aspect des roches qui la constituent. Ce doute peut surgir à la rigueur lorsqu'on considère le vaste massif valaisan comprenant plusieurs pics, tels que ceux du Weisshorn, du Gabelhorn, etc., au nord du mont Cervin. Ces pics sont également composés de gneiss talqueux, et à leurs pieds, soit du côté du sud, soit du côté du nord, on voit la formation calcaréo-serpentineuse affleurer avec des inclinaisons opposées, comme elles sont représentées dans la coupe de la fig. 2. On a supposé que la masse de gneiss formant les hautes cimes aurait pu faire éruption de bas en haut au travers de la formation calcaréo-serpentineuse et se déverser des deux côtés en éventail à peu près comme on l'admet pour les protogines du Mont-Blanc et les gneiss granitoïdes du Saint-Gothard. D'après ce que j'ai vu, quoique un peu rapidement, dans le massif Valaisan, je ne pourrais admettre une disposition de ce genre. Mais s'il peut y avoir quelque doute pour ce vaste massif, il ne peut en rester aucun pour le pic élancé du Cervin que nous avons pu observer de tous côtés, et dont la constitution paraît identique à celle des montagnes du Valais dont nous venons de parler. Au mont Cervin le gneiss n'est certes pas venu d'en bas, mais il repose évidemment en stratification concordante sur la formation calcaréo-serpentineuse. Je pourrais encore ajouter d'autres exemples tirés du massif situé à l'ouest du mont Cervin comprenant le mont Tabor ou Dent-d'Hérens et le château des Dames, ainsi que des cimes du mont Pillonet au sud de Val-Tournanche, on y voit également le gneiss talqueux recouvrir les terrains schisteux à dolomies. En voulant admettre l'hypothèse de

l'éruption postérieure du gneiss, il faudrait supposer que cette roche sortie d'un centre déterminé, par exemple des montagnes valaisannes désignées ci-dessus, se serait épanchée en nappes énormes sur les régions environnantes. Le mont Cervin et autres cimes de gneiss ne seraient alors que des lambeaux de cette nappe renversée, échappés à l'érosion. Une telle hypothèse, d'après laquelle la cime du Cervin serait formée par une roche éruptive sortie des profondeurs de la terre, n'est pas admissible. La constitution de ce pic, si simple en elle-même, sert donc à expliquer celle des massifs analogues qui l'environnent; et on peut conclure qu'une puissante formation de gneiss est supérieure à celle des calcaires et des serpentines, et qu'elle lui a succédé dans un ordre chronologique naturel. Du reste la répétition des schistes serpentineux que l'on trouve intercalés dans le gneiss à différentes hauteurs et même près de la pointe du mont Cervin, en est encore une preuve. Entre les gneiss et les schistes du pic du mont Cervin nous ne trouvons plus, il est vrai, le calcaire qui se voit en lambeaux çà et là sur les cimes du même massif comme au château des Dames; mais cette absence est peut-être un simple accident local dû soit à la discontinuité déjà reconnue de ces calcaires, soit à une érosion plus forte qui les aurait emportés de la cime du mont Cervin.

Enfin la constitution géologique générale de la région qui nous occupe nous paraît fort simple et bien esquissée dans les figures 1 et 2. Le massif du Mont-Rose, constitué par un noyau granitique passant çà et là au gneiss et au micaschiste, est entouré et recouvert, comme par un vaste manteau, de la formation des schistes verts et des calcaires schisteux ou dolomitiques, surmontée à son tour d'une puissante assise de gneiss talqueux. Je

noterai en passant qu'une formation tout à fait analogue, autant du moins que j'ai pu la voir dans une excursion rapide faite en 1867, entoure le noyau de gneiss granitique du Grand-Paradis qui, dans les Alpes Graies, limite au sud-ouest la vallée d'Aoste. Le professeur Gastaldi de Turin, qui l'a étudiée avec soin, en donne une description qui est d'accord avec ce que j'ai vu.

Aux environs du Mont-Rose, cette formation calcaréo-serpentineuse atteint dans son ensemble une puissance qui n'est pas moindre de 3500 à 4000 mètres. Elle est d'origine sédimentaire et doit sa texture cristalline, qui est plus développée encore dans la partie supérieure que dans l'inférieure, à cette action postérieure qu'on est convenu d'appeler métamorphisme quelqu'en soit le mode et la cause, et qui a transformé d'anciens sédiments en des roches cristallines variant suivant la composition de ces sédiments et les conditions locales de pression et de température auxquelles ils ont été exposés pendant longtemps à de grandes profondeurs. L'énorme noyau d'euphotide qui paraît à la base ouest du mont Cervin ne serait lui-même que le résultat d'une transformation plus avancée dans le métamorphisme général des couches voisines. L'examen de cette région est fort instructif relativement aux effets de la transformation moléculaire qui a produit avec peu d'éléments une grande variété de roches passant par degrés de la serpentine schisteuse à la serpentine massive et à l'euphotide, puis de celle-ci au gneiss talqueux, comme au Stockje, etc., etc. On est alors porté à ne voir dans ce qu'on appelait naguère roches « éruptives formées par fusion ignée » que des masses d'anciens sédiments ayant tout simplement supporté une action hydro-thermale lente. Cet agent de transformation com-

biné avec la pression est maintenant reconnu capable de produire toutes les roches cristallines et schisteuses qui existent en si grande masse dans les Alpes centrales. Je signalerai l'association fréquente des roches serpentineuses et des roches calcaires dans la même formation, comme un fait qui mérite l'attention des géologues.

Revenant aux environs du Mont-Rose, nous remarquerons que l'ébauche des premières vallées et des principaux contre-forts de cette région est due au soulèvement graduel de ce grand massif granitoïde qui a émergé peu à peu les couches cristtallines,ainsi qu'à la combinaison des fractures produites pendant ce mouvement gigantesque avec le soulèvement d'autres massifs alpins. Les agents atmosphériques, les cours d'eau et les glaciers ont fait le reste par leur travail d'érosion séculaire. Ils ont laissé, comme seuls témoins des anciens plateaux détruits, les quelques pics entourant aujourd'hui la montagne qui, dans les Alpes Pennines, est la seconde en hauteur. Parmi ces tertres épargnés par la destruction, le mont Cervin est sans contredit le plus singulier et le plus instructif. Sa forme aiguë et son isolement sont encore en rapport évident avec sa constitution lithologique. La base appartient à un terrain schisteux calcarifère qui se délite facilement et forme des pentes douces, occupées, dans beaucoup de localités des Alpes, par les meilleures pâturages. La pyramide supérieure, au contraire, est essentiellement formée d'une roche granitoïde très-siliceuse sujette à se fendiller, mais assez dure pour former des parois fort abruptes. Les glaciers qui aujourd'hui en bordent la base, tout en protégeant celle-ci d'une destruction trop rapide, emportent incessamment par leur mouvement continuel les débris qui tombent de cette

grande pyramide. Sans ce déblai continuel, le mont Cervin serait enseveli sous ses ruines, tandis que dans cet état de choses il conservera pendant bien des siècles encore la forme élancée qui en fait l'objet le plus étonnant de ces hautes régions et qui résume en quelque sorte la fierté du caractère alpin.

Nous donnons ici la coupe géologique détaillée du mont Cervin telle qu'elle résulte de l'examen d'un dessin que M. Giordano a bien voulu nous faire parvenir.

Cette sommité atteint 4482^{m} au-dessus du niveau de la mer d'après la carte fédérale, et 4505^{m} d'après le chiffre indiqué dans le travail de M. Giordano ; sa base est dans le voisinage du col de St.-Théodule, à 3350^{m} d'altitude, mais la coupe géologique descend jusqu'au chalet du Breil, situé sur le revers italien des Alpes, à 2000^{m}.

La pyramide du mont Cervin qui, par conséquent, n'a pas moins de 1150^{m} de hauteur, est composée de roches régulièrement stratifiées, dont les bancs présentent une très-légère inclinaison. Elle était regardée par De Saussure (*Voyages*, § 2244) comme le reste d'une grande formation emportée. « Quelle force, dit-il, n'a-t-il pas fallu pour rompre et pour « balayer tout ce qui manque à cette pyramide. »

Voici la coupe de cette montagne prise de haut en bas ; les chiffres indiquent l'élévation au-dessus du niveau de la mer et la limite supérieure de la couche dont le nom se trouve à côté du chiffre.

4505^{m}. Gneiss talqueux quartzifère avec beaucoup de traces laissées par la foudre.

Banc de 3 à 4^{m} de schiste serpentineux et talqueux vert.

Gneiss talqueux à éléments plus ou moins schisteux avec quelques lits de quartz.

4275^m. Gneiss et micaschiste ferrugineux à grain fin; beaucoup de traces de foudre.

Gneiss alternant avec des schistes talqueux et des feldsites en lames grises et blanches.

4122^m. Couche mince de schiste serpentineux vert.

Gneiss et micaschiste avec zone quartzifère mince.

4060^m. Gneiss talqueux à éléments schisteux.

3960^m. Gneiss talqueux verdâtre granitoïde à éléments de grosseur moyenne.

3818^m. Gneiss talqueux granitoïde à gros éléments et avec feldspath cristallisé.

3740^m. Schiste grisâtre. Micaschiste ferrugineux. Gneiss talqueux d'un vert foncé.

3618^m. Gneiss et schiste quartzeux d'un vert clair.

3585^m. Euphotide massive ou *granitone* (feldspath et diallage) à éléments cristallins bien développés, traversée çà et là de veines d'eurite; elle forme un banc ou plutôt une amande de plus de 500^m de puissance intercalée dans le gneiss talqueux. Cette euphotide paraît sur toute la partie occidentale du pic située sous le *Col du Lion*, tandis qu'elle ne se montre pas sur le flanc oriental de ce même pic où elle semble passer au gneiss talqueux.

3075^m. Gneiss talqueux alternant avec des schistes talqueux et micacés. Schistes compactes verdâtres clairs.

2925^m. Calcaire cristallin schisteux micacé (calschiste) avec veines et nœuds de quartz, alternant avec des schistes verts chloriteux et serpentineux. Schistes verts, chloriteux, serpentineux, talqueux avec masses stéatiteuses.

2440^m. Calschiste semblable aux couches ci-dessus, en banc de plus de 100^m. Cette assise renferme dans quelques localités peu éloignées des bancs ou amandes de dolomie, de cargneule, de quartzite et de gypse.

Schistes verts chloriteux, etc. (comme ci-dessus).

2370^m. Calschiste (comme ci-dessus).

Au-dessous vient une série puissante de schistes verts, serpentineux, chloriteux, talqueux et stéatiteux alternant parfois avec des bancs de calschistes. En divers endroits ces schistes deviennent plus ou moins amphiboliques et cristallins noirs.

2000m. Formation verte, calcaréo-serpentineuse qui semble reposer sur des micaschistes et des gneiss anciens. Elle est développée aux environs du hameau de Breil.

BULLTIN SCIENTIFIEQUE.

ASTRONOMIE.

Dr Rodolphe Wolf, professeur à Zurich. Taschenbuch, etc. Manuel de mathématiques, de physique, de géodésie et d'astronomie, 4me édition, revue et augmentée, avec 24 tables et diverses figures sur bois, 1 vol. in-12 de 432 pages. Zurich, 1869.

Deux des précédentes éditions de cet utile ouvrage allemand, ont été déjà annoncées dans notre Recueil. La première avait paru en 1852: la publication successive des nouvelles suffit à prouver l'opportunité et le succès de ce résumé substantiel des principes, des principales formules et des données numériques et analytiques relatives aux diverses sciences qui y sont traitées.

Nous rappellerons ici que ce manuel est subdivisé en neuf sections, savoir:

1° L'*Arithmétique*, en y comprenant l'analyse algébrique, le calcul des probabilités, et même les formules principales du calcul différentiel et intégral.

2° La *Géométrie*, en y faisant entrer les deux trigonométries, la géométrie analytique, la méthode des moindres carrés et les mesures d'angles et de nivellement.

3° La *Mécanique*, tant statique que dynamique.

4° La *Physique*, y compris l'hydrostatique, l'aérostatique, l'acoustique, l'optique, le magnétisme et l'électricité.

L'exposition successive des principes, des formules et des résultats relatifs à ces 4 sections forme la première moitié du volume.

La seconde se rapporte particulièrement à l'astronomie, objet spécial des travaux et de l'enseignement de l'auteur,

surtout depuis qu'il est directeur de l'observatoire fédéral de Zurich, et professeur soit à l'Université de cette ville, soit à l'Ecole polytechnique suisse.

Cette seconde partie est subdivisée en quatre sections, savoir:

1° Les principes relatifs à la *Sphère céleste;* les instruments d'astronomie et leur emploi.

2° *La Terre et la Lune*, en y comprenant la géodésie, les phénomènes atmosphériques, la parallaxe, les éclipses et occultations.

3° *Le Système solaire.* L'auteur y expose principalement les lois de Kepler, la loi de la gravitation universelle et ses conséquences, soit dans le mouvement elliptique, soit dans le problème des trois corps. Il y passe ensuite successivement en revue les divers corps de notre système solaire, et y rapporte sommairement, entr'autres, les faits nouveaux résultant des dernières recherches relatives à la nature du soleil et de ses taches, aux comètes et aux étoiles filantes.

4° *L'Univers stellaire*, comprenant l'étude des étoiles fixes, de leurs couleurs et de leur analyse spectrale ; les recherches relatives à leur parallaxe et à leurs mouvements propres; les travaux concernant les étoiles doubles, les amas d'étoiles et les nébuleuses.

Enfin, la neuvième et dernière section de l'ouvrage comprend diverses *Tables*, soit de mesures, de poids et de monnaies, soit de logarithmes et de données analogues, soit enfin, d'éléments numériques relatifs à la physique, à la chimie, à l'astronomie, à la géographie et à la statistique. On y trouve aussi une table chronologique historico-littéraire assez étendue, contenant les dates de tous les événements, découvertes et publications scientifiques notables, depuis les temps les plus anciens jusqu'à l'année 1867.

On voit, par cette simple énumération fort abrégée, combien de matériaux précieux, à consulter comme aide-mémoire, se trouvent condensés dans ce *Compendium*, que son

format portatif permet d'appeler aussi *livre de poche.* Aussi ne doutons-nous point du succès de cette nouvelle édition, qui occupe un nombre de pages presque triple de celui de la première, et où l'auteur a introduit d'intéressants résumés des travaux scientifiques les plus récents. A. G.

PHYSIQUE.

G. Krebs. Versuche, etc. Expériences sur des retards d'ébullition. (*Pogg. Annal.*, tome CXXXVI, page 144.)

C'est un fait bien établi depuis les expériences de M. Marcet et de M. Dufour que l'eau presqu'entièrement privée d'air ne bout plus à son point normal d'ébullition, mais à une température souvent très-supérieure. On débarrasse l'eau presqu'entièrement de l'air qu'elle contient en dissolution, soit en la maintenant longtemps en ébullition de préférence dans un vase en verre, soit en la faisant séjourner dans le vide après une ébullition préalable (marteau d'eau).

Dans un précédent travail[1], M. Krebs avait déjà repris cette question à la suite de M. Dufour, mais il a obtenu cette fois des effets plus marqués encore, en opérant non plus sur de l'eau pure ou légèrement acidulée, mais sur un mélange de trois parties d'eau distillée et d'une partie d'alcool absolu. Quand on a fait préalablement bouillir ce mélange, dans un vase en verre, jusqu'à le réduire à une très-faible partie de son volume primitif, il n'entre plus ensuite en ébullition qu'à 107° C., et même 109° C., si on a eu la précaution de laver le vase avec de l'acide sulfurique, puis de l'eau distillée. Il convient ici d'opérer avec précaution, parce que le mélange entre parfois alors subitement en ébullition, et que les vapeurs peuvent prendre feu.

Un semblable mélange bien débarrassé d'air puis refroidi à 60° peut être soumis aux pressions les plus faibles que

[1] *Poggend. Ann.*, t. CXXXIII, p. 673, et *Archives*, 1868, t. XXXII, p. 224.

puisse donner une pompe pneumatique sans entrer en ébullition, tandis que de l'eau ordinaire à 60° doit bouillir à 5 pouces de pression.

Pour retarder le plus possible l'ébullition de ce mélange, il faut en faire un marteau d'eau, après l'avoir réduit par une ébullition prolongée à une très-faible partie de son volume primitif. L'on plonge ce marteau d'eau dans un bain d'huile, l'on en casse la pointe vers 100° C., et l'on peut ensuite élever la température jusqu'à 160° et au-dessus sans produire l'ébullition; celle-ci s'effectue généralement alors avec une forte explosion. Quand le marteau demeure fermé, il ne fait explosion qu'exceptionnellement: la plupart du temps il se produit une première bulle isolée suivie ensuite d'autres bulles de plus en plus rapprochées jusqu'à ce qu'il s'établisse un dégagement régulier. Si après avoir obtenu ce dégagement régulier, lequel se produit suivant les cas à 150°, 170° et même à 200° C., on laisse un peu réfroidir le marteau, puis qu'on en casse la pointe, et qu'enfin on le replonge dans le bain d'huile; on pourra le chauffer jusqu'à 170° et même parfois jusqu'à 200° sans qu'il se produise la moindre ébullition, mais alors l'eau s'évapore très-rapidement jusqu'à la dernière goutte.

Un des marteaux sur lesquels M. Krebs a opéré a donné, étant encore fermé, une première bulle à 162°, une seconde à 171°, une troisième à 177° suivie d'un dégagement régulier vers 184°. Il fut alors retiré du bain d'huile réfroidi, cassé à la pointe, puis replongé dans le bain d'huile à 154° C., il ne se produisit plus alors la moindre ébullition, mais à 186° C., toute l'eau était évaporée.

Un second marteau plus grand donna d'abord des bulles isolées à 176°, à 181° $^1/_2$, à 187° $^1/_2$, à 189°, puis à 195° un dégagement régulier. Il fut ensuite cassé et replongé dans un bain d'huile à 160°, mais il ne s'y produisit pas la moindre ébullition, en revanche l'eau s'évapora très-rapidement et à 198° le tube était entièrement vide. Dans ces conditions on

ne réussit pas à produire l'ébullition même par un fort ébranlement du liquide.

Il semblerait donc, d'après ces expériences, que de l'eau entièrement débarrassée d'air ne peut pas bouillir du tout.

E. S.

H. KNOBLAUCH. UEBER DEN DURCHGANG, etc. DU PASSAGE DE LA CHALEUR RAYONNANTE AU TRAVERS DE LA SYLVINE. (*Pogg. Ann.*, tome CXXXVI, page 66.)

M. Magnus a été le premier à faire connaître cette propriété remarquable que la sylvine ou chlorure de potassium possède au même degré que le sel gemme d'être presqu'absolument transparente pour tous les rayons calorifiques à quelque source qu'ils appartiennent[1]. M. Knoblauch avait entrepris l'étude de cette question presqu'en même temps que M. Magnus. Ce dernier a opéré sur des plaques de 26^{mm} d'épaisseur et a trouvé qu'elles laissaient passer 76 % de la lumière incidente dans le cas où celle-ci provenait d'un vase plein d'eau bouillante et 71,8 % dans le cas d'une lampe Locatelli.

L'auteur a opéré sur des plaques de 3^{mm},5 à 4^{mm},5. Il a observé qu'elles laissaient indifféremment passer les rayons calorifiques provenant du soleil et ceux provenant d'une source de chaleur à 100° C., et cela dans des proportions variant suivant la pureté et la transparence des plaques depuis 66 % jusqu'à 95 %. La proportion de lumière transmise est la même encore, quelle que soit la substance diathermane que les rayons aient traversée avant de tomber sur la plaque de sylvine; elle ne varie pas en particulier quand même on place entre celle-ci et la source calorifique des verres rouges, orangés, bleus, etc.; elle ne varie pas davantage quand on fait subir auparavant aux rayons calorifiques une réflexion diffuse.

[1] *Archives*, 1868, tome XXXIII, p. 147.

D'après ces expériences le chlorure de potassium est donc une substance diathermane et athermochroïque.

M. Knoblauch a reconnu de plus, que lorsqu'une plaque de sylvine est dépolie elle arrête en plus forte proportion les rayons parallèles, tels que ceux qui proviennent du soleil et en moindre proportion les rayons divergents provenant d'une source calorifique rapprochée.

La dispersion de la chaleur par le passage au travers d'un prisme de chlorure de potassium s'effectue suivant les mêmes lois que dans le cas du chlorure de sodium; c'est-à-dire que le maximum de chaleur se trouve dans la partie obscure du spectre immédiatement à côté du rouge, et que la chaleur va en diminuant de part et d'autre plus lentement cependant dans la partie éclairée du spectre.

Enfin le chlorure de potassium est très-approprié pour l'expérience de l'interférence des rayons calorifiques à cause de son très-faible pouvoir absorbant qui ne trouble pas la proportion de chaleur répartie entre les différentes franges.

E. S.

CHIMIE.

R. Bunsen. Sur le lavage des précipités. (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, tome CXLVIII, page 269.)

Le lavage des précipités est l'une des opérations les plus longues et les plus fastidieuses, mais les plus importantes de la chimie. Des lavages incomplets ou trop prolongés sont la cause des plus grandes erreurs commises dans les analyses. Il est fort utile de se rendre compte dans chaque opération de la marche du lavage. On peut le faire aisément en ayant égard au volume v qu'occupe le précipité imprégné de liquide lorsqu'il s'est bien tassé au fond de la dissolution, au volume V du liquide clair surnageant, que l'on sépare par décantation ou par filtration, et au nombre n de fois que l'on répète l'opération. Après chaque opération le poids des ma-

tières étrangères retenues par le précipité est exprimé par la fraction :

$$\frac{1}{a} = \left(\frac{v}{\mathrm{v}+v}\right)^n$$

1 représentant le poids total des substances qui étaient primitivement contenues dans la dissolution. De plus, le volume total de la liqueur filtrée est exprimé par n V.

Il est facile, au moyen de cette formule, de déterminer le nombre n d'opérations qu'il faut exécuter pour réduire les impuretés que retiendra le précipité à une fraction négligeable, $\frac{1}{100000}$ par exemple; ce procédé, suivant M. Bunsen, est bien préférable à celui qui est ordinairement recommandé, et qui consiste à prolonger le lavage jusqu'à ce que quelques gouttes de l'eau de lavage, évaporées sur une lame de platine ne laissent aucun résidu, essai tout à fait illusoire dans les cas, très-nombreux, où les précipités ne sont pas absolument insolubles.

Pour faciliter l'application de ce système, l'auteur a calculé une table que l'on trouvera dans son Mémoire, et qui fait connaître la progression du lavage suivant les rapports des volumes v et v [1].

[1] Dans le calcul qui sert de base à cette méthode, M. Bunsen admet que les substances étrangères ne demeurent dans le précipité qu'en raison de l'eau dont il demeure imprégné. Mais il semble que dans beaucoup de cas elles y sont en partie fixées par une sorte d'adhésion capillaire. Il ne nous paraît donc point certain que l'on puisse se fier au résultat du calcul pour apprécier la proportion de ces matières après un lavage plus ou moins prolongé. Le seul moyen qui nous paraisse donner une indication certaine du moment où l'on doit cesser les lavages, consiste à évaporer non pas quelques gouttes, mais un volume d'eau de lavage de quelques centimètres cubes et à peser le résidu. En répétant cette opération, on atteint sûrement le moment où le lavage n'enlève plus qu'une quantité de matière correspondant à la solubilité même du précipité. Il suffit même de traiter ce résidu par quelques gouttes d'eau pour reconnaître s'il se compose de sels solubles enlevés au précipité par le lavage, ou s'il est de même nature que le précipité lui-même. (C. M.)

La partie la plus intéressante du Mémoire que nous analysons ici, est relative à un procédé par lequel M. Bunsen parvient à réduire dans d'énormes proportions le temps consacré aux filtrations et aux lavages des précipités, tout en obtenant divers autres avantages.

Il a constaté que la vitesse de la filtration est à peu près proportionnelle à la pression sous laquelle elle s'effectue. Or dans la méthode ordinaire cette pression, qui se réduit au poids de la colonne liquide contenue dans le filtre, ne s'élève guère qu'à $0^m,004$ ou $0^m,008$ de mercure, tandis que le nouveau procédé décrit par l'auteur permet de filtrer sous la pression entière d'une atmosphère.

Il suffit, pour pouvoir le faire sans danger, de se servir d'un entonnoir de verre de forme conique parfaitement régulière, dans le fond duquel on dispose un petit entonnoir disposé de manière à continuer exactement le même cône, et préparé au moyen d'une feuille de platine excessivement mince, circulaire, de deux à trois centimètres de diamètre, que l'on a fendue suivant un rayon et roulée en forme de cornet. Un filtre de papier ordinaire appliqué avec soin dans cet entonnoir supporte parfaitement la pression de l'atmosphère lorsqu'on fait le vide au-dessous.

L'entonnoir est ajusté, au moyen d'un bouchon de caoutchouc percé de deux trous, sur un flacon solide destiné à recevoir la liqueur filtrée ; le second trou du bouchon laisse passer un tube qui met le flacon en communication avec une machine pneumatique.

Comme les liqueurs que l'on est appelé à filtrer donnent souvent lieu à des vapeurs acides, on ne peut se servir, pour faire le vide, ni d'une machine pneumatique ordinaire, ni de la pompe à mercure de Sprengel. M. Bunsen recommande pour cet usage une disposition fort simple, et qui rend de très-grands services dans les laboratoires de chimie. C'est un appareil en verre, construit à peu près comme la pompe de Sprengel, mais où l'aspiration est produite par la chute continue d'un filet d'eau qui va se perdre dans un puits profond

de 11 à 12 mètres. Par cette disposition, et au moyen de tubes de caoutchouc à parois épaisses et à trou intérieur étroit on peut faire à volonté le vide (jusqu'à 6 ou 12 millimètres de mercure, suivant la tension de la vapeur d'eau) dans tous les appareils où cela est nécessaire.

Dans ces conditions la filtration a lieu avec une grande rapidité. Il convient d'employer un filtre assez petit pour que le précipité le remplisse presque complétement. Dès qu'il est entièrement rassemblé, le précipité se tasse si fortement que l'addition de l'eau de lavage ne le remet point en suspension. On le lave en versant, à trois ou quatre reprises, de l'eau dans l'entonnoir jusqu'à un centimètre au-dessus du bord du filtre. Quelques minutes après que la dernière eau s'est écoulée, il est aussi cohérent et aussi sec que s'il eut passé 6 ou 8 heures dans une étuve après une filtration ordinaire, en sorte qu'on peut procéder immédiatement à sa calcination.

Des expériences comparatives sur la précipitation et le lavage de l'oxyde de chrome ont donné, comme résultat de cette nouvelle méthode, une réduction de temps de 7 heures à 13 minutes. L'accélération est bien plus grande encore quand on a à recueillir un faible précipité suspendu dans une grande masse de liquide.

Cette méthode a encore un très-grand avantage quand le précipité doit être séparé du filtre pour être soumis à d'autres traitements. En effet, après la filtration sous une haute pression, il se détache complétement du papier sans qu'il en reste aucune trace, et sans que des fibres du papier y adhèrent.

Enfin on obtient encore par ce moyen une réduction considérable dans le volume d'eau nécessaire pour les lavages, ce qui évite les inconvénients et les pertes de temps qu'entraîne la nécessité de concentrer les liqueurs par l'évaporation.

Dans les laboratoires dont la position ne permet pas d'établir une chute d'eau de plus de 10 mètres permettant d'opérer les filtrations au moyen du vide, on peut encore réaliser tous les avantages de la méthode précédente, bien qu'à un degré un peu moindre, avec une chute de 10 à 15 pieds.

On peut même se passer complétement d'une pompe à air. Il suffit d'avoir deux flacons de deux à quatre litres, munis de tubulures inférieures que l'on réunit par un long tuyau de caoutchouc. L'un de ces vases étant rempli d'eau et placé sur une tablette aussi élevée que possible, tandis que l'autre repose sur le plancher du laboratoire, si l'on fait communiquer, par un tube de caoutchouc, la tubulure supérieure du vase le plus élevé avec le flacon dans lequel s'écoule le liquide filtré, on détermine la filtration sous une pression de huit à dix pieds d'eau, ce qui suffit pour obtenir tous les avantages précités.

Nous avons cherché à donner une idée de la précieuse méthode dont M. Bunsen vient d'enrichir la chimie, mais nous avons dû laisser de côté bien des détails intéressants, et nous recommandons la lecture du mémoire original à tous les chimistes qui voudront mettre à profit ces perfectionnements.

M. Berthelot. Union de l'azote libre avec l'acétylène ; synthèse directe de l'acide cyanhydrique. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome 67, p. 1141.)

L'azote libre, on le sait, se distingue par son indifférence à l'égard de la plupart des autres corps ; ce n'est que sous l'influence de l'étincelle électrique que l'on réussit à faire cesser cette indifférence, soit à l'égard de l'oxygène, soit à l'égard de l'hydrogène. M. Berthelot a observé une nouvelle réaction de même ordre, à savoir : l'union directe de l'azote libre avec l'acétylène, laquelle donne naissance à l'acide cyanhydrique.

En effet, si dans un mélange des deux gaz purs on fait passer une série de fortes étincelles à l'aide de l'appareil Ruhmkorff, les gaz ne tardent pas à prendre l'odeur caractéristique de l'acide cyanhydrique ; il suffit alors de les agiter avec de la potasse pour changer cet acide en cyanure et manifester les réactions qui le caractérisent.

Dans ces circonstances, la formation de l'acide cyanhydrique est accompagnée par celle du charbon et de l'hydrogène, engendrés par une décomposition distincte mais simultanée de l'acétylène. Cette complication peut être évitée, en ajoutant à l'avance au mélange un volume d'hydrogène convenable, par exemple dix fois le volume de l'acétylène. Il n'y a plus alors aucun dépôt de charbon, et la réaction se représente par : $C^4H^4 + Az^4 = 2\,(C^2Az^2,H^2)$ [1].

L'acétylène et l'azote se combinent à volumes égaux et sans condensation. La réaction des deux gaz commence assez rapidement ; mais elle ne tarde pas à se ralentir, et on peut la pousser jusqu'au bout en plaçant dans l'appareil une goutte de potasse concentrée pour absorber l'acide cyanhydrique au fur et à mesure de sa production. M. Berthelot a ainsi changé en acide cyanhydrique jusqu'aux cinq sixièmes d'un volume connu d'acétylène (le sixième manquant s'explique par la réaction inévitable de la vapeur d'eau qui forme de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique). Cette expérience a exigé douze à quinze heures d'étincelles.

Comme je viens de le dire, la présence de l'acide cyanhydrique déjà formé arrête la réaction ; cela provient de ce que le mélange d'acide cyanhydrique et d'hydrogène, traversé par une série d'étincelles, ne tarde pas à fournir de l'acétylène, réaction inverse de la précédente. Autrement dit, entre l'hydrogène, l'azote, l'acétylène et l'acide cyanhydrique, il s'établit, sous l'influence de l'étincelle, un certain équilibre variable avec les proportions et qui détermine la formation de celui des quatre gaz qui manque dans le mélange ou qui s'y trouve en proportion insuffisante.

Tous les composés hydrocarbonés sous l'influence de l'étincelle donnent naissance à l'acétylène, M. Berthelot l'a démontré ; il semble donc que l'azote mêlé avec une vapeur hydrocarbonée quelconque, doit aussi former de l'acide cyanhydrique. Cette conséquence a été vérifiée avec le gaz oléfiant et l'hydrure d'hexylène des pétroles.

[1] Formules atomiques correspondant à 4 vol.

Rapprochant la synthèse de l'acide cyanhydrique au moyen de l'azote et de l'acétylène, de la formation du cyanure de potassium par la réaction de l'azote sur un mélange de carbonate de potasse et de charbon portés à une haute température : l'auteur pense que dans ce dernier cas, il se produit d'abord de l'acétylure de potassium C^4K^4, composé qu'il a obtenu, en effet, par l'action du potassium sur le carbonate de potasse. L'acétylure de potassium absorberait ensuite l'azote : $C^4K^4 + Az^4 = 2K^2Cy^2$.

M. Berthelot a établi que l'acide cyanhydrique est un corps formé avec absorption de chaleur à partir de ses éléments ; d'autre part cette acide prend naissance par l'union directe du carbone, de l'hydrogène (acétylène) et de l'azote sous les influences successives de l'arc et de l'étincelle électrique. Le courant électrique, transmis sous ces formes, a donc la propriété d'effectuer le travail nécessaire pour former directement les composés produits avec absorption de chaleur.

M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. Schjödte. Sur la structure de la bouche chez les crustacés suceurs. (*Naturhistorisk Tidsskrift*, IV. Kjöbenhavn, 1866, et *Annals and Mag. of Nat. History*, 1868, p. 1.)

Grâce aux recherches impérissables de Savigny, le problème des homologies des pièces de la bouche chez les insectes suceurs et les insectes broyeurs a été résolu d'une manière complète. Rien de semblable n'a jusqu'ici été fait pour les crustacés. Dans cette classe, l'étude est compliquée de la circonstance que le corps est plus ou moins confondu avec la tête, de telle sorte qu'un nombre de paires d'extrémités peut être assimilé aux organes de la bouche, soit quant à la forme, soit quant à l'usage. Pour résoudre ici ce problème difficile, M. Schjödte a commencé ses recherches par l'ordre des Isopodes. Cet ordre présente, en effet, l'un des plus hauts degrés de développement que puisse atteindre le *type arti-*

culé parmi les crustacés, ce qui facilite grandement la comparaison avec la bouche des insectes ; d'autre part, il comprend des formes inférieures et dégradées, vivant en parasites, qui peuvent fournir des points de repère pour l'interprétation des pièces de la bouche chez les Copépodes suceurs. Qu'il y ait de véritables Isopodes suceurs, c'est ce dont bien des zoologistes doutent peut-être aujourd'hui. Mais M. Schjödte le démontre péremptoirement dans ce mémoire. Rondelet a déjà décrit l'un de ces parasites comme suçant à la manière d'une sangsue et Bosc a vu la trompe rétractile d'une Cymothoa. Toutefois, Latreille a contesté l'existence de cet organe et ses successeurs ont accepté cette rectification.

Avant d'aborder la structure de la bouche chez les Isopodes, rappelons avec M. Schjödte certains traits généraux de l'organisation des articulés :

Les membres des articulés naissent toujours des côtés des segments, c'est-à-dire de la région pleurale, située entre la pièce tergale et la ventrale. Dans ce cas, cette région pleurale peut se recouvrir d'un dépôt de chitine pour former une pièce latérale, l'épimère, servant de point d'attache aux muscles qui servent à mouvoir l'articulation basilaire du membre, c'est-à-dire la hanche. C'est aussi de la région pleurale seule que naissent les appendices respiratoires : à l'extérieur les branchies, à l'intérieur les trachées. Au contraire, les pièces dorsales et ventrales des segments ne donnent jamais naissance à de véritables extrémités, mais seulement à des dents, des épines, des verrucosités rétractiles souvent armées de crochets disposés en cercles, etc. C'est à cette dernière catégorie d'organes qu'appartiennent les fausses pattes de beaucoup de larves. Les *cerci* des insectes à métamorphoses complètes sont de simples épines dorsales transformées.

La tête est formée comme les autres anneaux du corps d'un arceau tergal, d'un arceau ventral et de deux pièces pleurales. Ici encore ce sont ces dernières qui donnent nais-

sance aux extrémités, à savoir les appendices buccaux, les yeux et les antennes. Vu le grand nombre de ces appendices céphaliques, les pièces pleurales de la tête acquièrent un développement énorme comparativement à celui de l'arceau dorsal et de l'arceau ventral. Elles constituent en réalité la plus grande partie du crâne, tandis que l'arceau tergal et le ventral peuvent diminuer d'étendue, d'autant plus qu'ils n'ont pas à remplir les mêmes fonctions que dans les autres segments où ils servent à l'insertion des muscles mouvant le segment suivant. L'arceau dorsal est donc réduit à une plaque, l'épistome, de laquelle peuvent se détacher, il est vrai, diverses pièces (chaperon, labre, labellum), selon que la bouche réclame d'être plus ou moins couverte en dessus. L'arceau ventral (hypostome ou pièce sphénoïdale) entre en relation intime avec des appendices buccaux et peut donner naissance à des pièces secondaires (menton, fulcre de la lèvre inférieure), selon que les maxilles et la langue demandent à être plus ou moins protégées en dessous.

Les appendices buccaux comprennent typiquement chacun les parties suivantes: 1° Une pièce basilaire : le cardo, homologue du trochantin des membres locomoteurs. 2° Une tige ou *stipes*, homologue de la hanche des pieds locomoteurs. 3° Trois lobes libres à l'extrémité de la tige : les deux plus internes (lobes malaires) servent à la division de la nourriture et l'externe est la continuation directe du membre, correspondant aux articles qui suivent la hanche dans le pied locomoteur. C'est ce lobe qui prend le nom de palpe lorsqu'il est allongé et multiarticulé.

Une différence fondamentale entre les insectes et les crustacés s'observe dans les relations de la première paire d'appendices buccaux avec les pièces latérales du crâne. Chez les crustacés, les mandibules conservent un paralellisme complet avec les autres appendices buccaux, c'est-à-dire qu'elles sont formées comme eux du cardo, de la tige et des lobes. Leurs muscles fléchisseurs, pour autant que la tête n'est pas confondue avec le corps, sont aussi attachés à l'hypostome et

leur mouvement est une oscillation autour d'un axe formé par le bord extérieur de la tige. Chez les insectes, au contraire, le cardo et la tige se soudent avec la région pleurale du crâne et leurs muscles disparaissent entièrement. Le lobe moyen subsiste dans la règle seul et s'articule avec les pièces latérales du crâne à l'aide d'un condyle supérieur et d'un autre inférieur, tandis que ses muscles remplissent une grande partie de la pièce latérale. Le lobe interne n'est que très-rarement développé et, dans ce cas, il est toujours fixé au lobe moyen. L'absence de la tige mandibulaire chez les insectes explique pourquoi ces animaux sont toujours privés de palpes mandibulaires.

M. Schjödte fait un rapprochement ingénieux entre le développement du type articulé passant de la phase de crustacé à celle d'insecte d'une part, et celui du type vertébré passant du poisson au mammifère d'autre part. Dans ces deux séries d'animaux, le plus haut degré de céphalisation présenté au sommet de la série est réalisé de la même manière : le principal organe de préhension de la nourriture perd sa forme de membre par suite de la coalescence de ses pièces basilaires avec les pièces latérales du crâne. Le crâne augmente ainsi de capacité pour loger le système nerveux plus développé, et la force du membre (mâchoire), réduit à son extrémité antérieure, se trouve augmentée.

Chez les crustacés édriophthalmes ou crustacés à 14 pieds, le premier anneau du tronc est uni au crâne, et comme il cesse d'être mobile, sa partie dorsale (pronotum des insectes) disparaît, tandis que sa pièce ventrale et ses pièces latérales (prosternum et épimère prothoracique) restent distinctes entre la tête et le second segment : elles portent, en effet, une paire de membres, la première paire de pieds, qui passe, il est vrai, au service de la bouche et prend par suite la forme de mâchoire. Ces pieds mâchoires ont leurs hanches juxtaposées sur la ligne médiane et ces pièces correspondent à la lèvre inférieure des insectes, en ce sens qu'elles protégent la bouche en dessus, et prennent une apparence foliacée et

laciniée. Aussi Fabricius et son école ont-ils appelé ces organes le labium, car ils basaient leurs interprétations morphologiques sur la forme et la fonction seulement.

La coalescence de la tige des mandibules avec les pièces latérales du crâne chez les insectes et la conformation des pieds mâchoires simulant une lèvre inférieure chez les crustacés édriophthalmes, sont les deux caractères différentiels les plus saillants entre ces deux groupes d'articulés. La présence de cette fausse lèvre chez ces crustacés rend inutile toute autre protection de la bouche en dessous; aussi l'hypostome ne développe-t-il point de menton, et la langue, sortant du fond de la bouche, apparaît immédiatement sur le bord même de l'hypostome. Les appendices buccaux de la troisième paire (deuxième paire de maxilles) n'entrent point comme chez les insectes en relation intime avec la languette, mais restent séparés de chaque côté de l'hypostome. Il en résulte que la languette occupe chez les crustacés édriophthalmes une position beaucoup plus avancée entre les organes buccaux que chez les insectes.

Après ces considérations générales sur les articulés, revenons-en à l'étude de la bouche des Isopodes Chez ceux de ces crustacés qui sont organisés pour mordre, M. Schjödte distingue trois types qui concordent tous en un point, à savoir que leurs appendices buccaux sont complétement libres, indépendants les uns des autres et disposés en une série oblique de chaque côté de l'hypostome.

Le premier type comprend les Oniscus, les Asellus, les Idothées, les Sphéromes. L'organisation de la bouche chez ces crustacés est essentiellement la même que chez la majorité des amphipodes, c'est-à-dire chez les édriophthalmes qui vivent près du rivage ou sur le fond de la mer, se nourrissant de cadavres ou de végétaux, rongeant le bois, attaquant les filets des pêcheurs, etc. Chez ces crustacés, les mandibules sont organisées essentiellement pour broyer : elles sont armées d'une surface triturante, striée ou épineuse.

Le second type est celui des Cirolanides. Chez ces crustacés les mandibules n'offrent plus de surface triturante, mais leur lobe malaire externe présente un bord interne aigu fortement denté. Ces animaux représentent pour M. Schjödte le plus haut degré de développement du type crustacé parmi les Isopodes. Leurs mandibules sont construites sur le même plan que les dents carnassières des mammifères : elles sont armées de dents tranchantes propres à être enfoncées de chaque côté dans le corps de la victime. En harmonie avec cette structure de la bouche, le corps est élancé, les antennes sont minces, les pieds nageurs sont fort développés. Les Cirolanes sont, à n'en pas douter, de purs carnivores. Ström raconte d'une espèce de ce genre qu'elle se glisse dans les poissons par l'anus et dévore la chair de l'animal de dedans en dehors. Kröyer a vu près de Throndjem une grosse morue dans la chair de laquelle des Cirolanes avaient creusé des cavités au point de ne plus guère laisser que la peau et les os. Le naturaliste danois s'empressa de saisir quelques-uns de ces parasites, mais ceux-ci le mordirent si cruellement qu'il dut lâcher prise.

Le troisième type est représenté par les Sérolides. Si les Cirolanes font penser à de petits requins, il est permis de comparer les Sérolides à de petites raies : elles vivent près du fond de la mer : c'est ce qui ressort avec évidence de leur forme générale large, courte, légèrement bombée, de leur dos sombre et caréné, de leur face inférieure blanche et lisse, de leurs épimères imbriqués et en forme de croissant, de leur large tête plate, enserrée dans le premier segment du corps, de la position de leurs yeux sur la surface supérieure de la tête, de celle de la bouche sur la face inférieure, de la faculté de natation très-bornée, etc. Les mandibules, bien que vigoureuses, ne sont organisées ni pour triturer, ni pour mâcher, mais seulement pour pincer, serrer et percer. Les pieds mâchoires recouvrent les autres appendices buccaux, tous fort petits, et après eux viennent deux paires d'extrémités préhensiles, rappelant celles des Mantes, des Nèpes et

des Squilles. Il est indubitable, par conséquent, que les Sérolides vivent de proie ; leur nourriture doit consister essentiellement en petits animaux vivant près du fond de la mer. M. Milne-Edwards suppose qu'ils s'attachent à des poissons, mais cette hypothèse est contredite par chaque trait de l'organisation que nous venons de rapporter. L'armure buccale aplatie de ces crustacés serait sans force contre la peau d'un poisson, même lorsque la forme concave de la région antérieure du corps n'empêcherait pas la bouche d'atteindre cette peau.

Après avoir ainsi étudié l'organisation de la bouche chez les Isopodes organisés pour mordre, M. Schjödte passe à l'étude des pièces buccales chez les Isopodes suceurs, représentés par les Aega, les Cymothoa, les Anilocra. Chez ces animaux les organes buccaux sont adaptés à la succion de la manière suivante : le labre est allongé et courbé transversalement, de manière à former une gouttière semi-cylindrique. Cette gouttière est dirigée perpendiculairement vers le bas, et s'unit par ses bords latéraux avec les lobes maxillaires de la seconde paire qui sont aussi convertis en une gouttière semi-cylindrique et dont l'extrémité est étalée en une sorte de lèvre. Parfois les palpes des pieds-mâchoires prennent part à cette combinaison. L'union de ces différentes parties produit donc un tube court et mou qui, grâce à l'existence de franges, de verrues et de petits crochets sur le pourtour de son ouverture, est parfaitement bien organisé pour s'appliquer exactement contre une surface. Dans l'intérieur de ce tube nous trouvons d'abord une paire d'instruments propres à piquer, à couper, à ronger ou à gratter ; ce sont des mandibules transformées ; puis une paire de scies ou de râpes, à l'aide de laquelle la blessure faite par les mandibules peut être agrandie ou approfondie : c'est la première paire de maxilles.

Les Cymothoés occupent une place importante parmi les épizoaires des poissons. Leur estomac est fort grand, au point de remplir les cinq derniers segments du tronc, corres-

pondant à l'abdomen des insectes. L'action de l'alcool en transforme le contenu en une masse compacte, susceptible d'être coupée au couteau. Sous le microscope cette masse paraît formée en grande partie par des cellules épithéliales, auxquelles se mêlent, surtout chez les Aega, une certaine quantité de corpuscules sanguins. Elle forme un moule interne exact de la cavité stomacale avec un sillon longitudinal sur la face inférieure, sillon qui répond à la ligne par laquelle l'estomac repose sur la chaîne nerveuse. Ce contenu stomacal a donné lieu aux interprétations les plus diverses, car, tandis que les pêcheurs en font une amulette et que les médecins l'ont employé comme un remède infaillible contre le mal de mer, certains naturalistes y ont vu un organe particulier suppléant à tous les viscères : d'autres l'ont pris pour un ovaire ou pour un organe particulier entourant l'intestin.

Les jeunes Cymothoés ressemblent bien plus à des Cirolana qu'à des Cymothoés, par la forme de leur corps, de leurs antennes et de leurs pieds. De même les Aega ont plus de ressemblance avec les Cirolana qu'avec les Cymothoés. Aussi n'arriverait-on jamais, sans l'étude des pièces de la bouche, à constituer la famille, si naturelle pourtant, des Cymothoïdes. Cette famille comprend aussi les Bopyres, déjà séparés par la plupart des antennes des autres Isopodes. Leur bouche est en effet, selon M. Schjödte, construite sur le même plan que celle des Cymothoés. E. C.

BOTANIQUE.

J. Hanstein. Die Scheitelzellgruppe, etc. Étude sur le groupe de cellules placées au point de végétation chez les Phanérogames. (*Aus der Festschrift der Niederrheinischen Gesellsch. für Natur- und Heilkunde*, zum 50jähr. Jubil. der Univ. Bonn.)

L'étude de la structure du point de végétation a attiré récemment l'attention de plusieurs observateurs. Hofmeister, J. Müller, Sanio s'en sont particulièrement occupés. Les deux

premiers semblent admettre, chez toutes les plantes phanérogames, l'existence, au sommet du point de végétation, d'une cellule principale (Scheitelzelle), analogue à celle qu'ils ont reconnue chez beaucoup de cryptogames ; cette cellule est l'origine du bourgeon ou de la tige future, et les parois qui la divisent prennent naissance sous des angles fixes, en rapport avec la position des feuilles. C'est contre cette théorie que s'est élevé M. Hanstein, après un examen approfondi de plantes fort diverses, tant monocotylédones que dicotylédones.

« Il n'est pas possible, dit-il, de trouver au point de végétation des phanérogames, une cellule particulière dont la position et le mode de division se retrouvent toujours les mêmes, avec une exactitude mathématique » (p. 131). Il reconnaît bien à l'origine des différentes parties du bourgeon, certains groupes de cellules « initiales, » mais auxquelles il n'attribue point un rôle aussi prépondérant que celui des « Scheitelzellen. »

Cela posé, M. Hanstein distingue dans la masse de tissu cellulaire du point de végétation trois couches principales, faciles à déterminer : le dermatogène, le périblème, le plérome.

La première de ces couches qui deviendra l'épiderme revêt d'une enveloppe régulière tout le sommet du point de végétation. Elle ne s'agrandit jamais qu'en surface, et ses cellules se divisent constamment par des parois parallèles entre elles.

La seconde de ces couches ou périblème est destinée à fournir les matériaux du parenchyme de l'écorce. Elle est formée de plusieurs séries de cellules, dont les plus extérieures participent au caractère de régularité du dermatogène, tandis que les suivantes sont souvent moins régulières.

Enfin le plérome, qui forme la grosse masse du point de végétation, est composé de cellules qui se divisent dans tous les sens ; il fournit les matériaux de la moelle et des cellules ligneuses.

Les feuilles et les rameaux latéraux prennent naissance

dans le périblème ; en un point particulier, la division des cellules s'accélère, et il ne tarde pas à se former une petite protubérance qui soulève l'épiderme dont elle reste toutefois constamment enveloppée. A l'origine, une feuille, un rameau sont parfaitement analogues.

Enfin dans le plérome, on ne tarde pas à remarquer certaines cellules qui, par des divisions longitudinales répétées, prennent une forme prismatique. M. Sachs a proposé pour ces cellules le nom de « procambium ; » elles sont l'origine des faisceaux fibro-vasculaires du bois. Leur position sert à séparer nettement le plérome du périblème, et c'est à elles qu'il faut faire remonter les faisceaux fibreux des feuilles et des rameaux.

D'après ces données, il n'y a donc pas de cellule principale (Scheitelzelle) proprement dite ; celle qui en occuperait la position appartient au groupe initial de l'épiderme, mais son rôle ne va pas au delà. La cellule qui seule pourrait en remplir les fonctions doit se chercher à une certaine profondeur, sous les couches du dermatogène et du plérome et encore là on ne trouve rien de pareil. Bien plutôt, ainsi que le dit l'auteur, un certain nombre de cellules travaillent en commun, d'après un plan général, mais aucune d'entre elles n'exerce une suprématie absolue.

Remarquons enfin que M. Hanstein reproche à ses devanciers d'avoir travaillé trop exclusivement sur des sections extrêmement minces. Ce mode de procéder peut devenir la source de beaucoup d'erreurs, à cause de la difficulté qu'on trouve à déterminer la place exacte de la couche unique de cellules qu'on a sous les yeux. L'auteur préfère employer des sections comprenant plusieurs couches de cellules (3, 4, 5) qu'on rend parfaitement transparentes en les traitant successivement par différents réactifs (potasse, acide acétique, ammoniaque), puis en les plongeant dans la glycérine.

M. M.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1869.

Le 2, neige sur les montagnes des environs jusqu'à la hauteur du Petit-Salève.
5, brouillard tout le jour.
6, id.
7, id.
8, brouillard jusque dans l'après-midi; dépôt de givre le matin.
9, forte gelée blanche le matin; minimum + 0°,5.
10, faible halo solaire de 3 heures à 3 heures et demie.
12, faible halo solaire à plusieurs reprises dans la journée.
15, gelée blanche.
16, forte gelée blanche.
17, forte gelée blanche; couronne lunaire dans la soirée.
18, faible halo solaire à plusieurs reprises dans la journée.
21, neige sur les montagnes des environs.
25, pluie et neige dans la plaine; couronne lunaire dans la soirée.
28, un peu de neige dans la soirée, en quantité trop faible pour pouvoir être mesurée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
5 à 10 h. soir	739,85
11 à midi	737,96
15 à 11 h. matin	739,83
20 à 10 h. matin	726,54
26 à 8 h. soir	735,19

MINIMUM.	mm
Le 1er à 2 h. après-midi	720,41
8 à 10 h. soir	730,96
13 à 6 h. matin	727,93
19 à 3 h. après-midi	723,65
22 à 2 h. après-midi	720,99

GENÈVE. — FÉVRIER 1869.

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o		cm.
1	721,63	— 5,59	+11,03	+10,83	+ 5,9	+14,8	5,25	+1,00	562	—291	360	920	...	...	SO. 2	1,00	5,8	+ 1,1	114
2	725,13	— 2,03	+ 4,61	+4,34	+ 3,8	+ 7,8	5,84	+1,58	932	+ 80	690	1000	25,7	19	variable	0,96	6,0	+ 1,3	114
3	733,35	+ 6,25	+ 6,36	+6,02	+ 2,5	+11,0	5,46	+1,20	773	— 77	580	960	3,1	4	SO. 1	0,80	5,8	+ 1,1	112
4	737,00	+ 9,95	+ 6,00	+5,59	+ 3,3	+ 9,9	6,49	+2,22	931	+ 83	790	980	...	...	N. 1	0,24	5,9	+ 1,2	111
5	739,36	+12,37	+ 3,03	+2,55	— 0,9	+ 6,7	5,80	+1,52	995	+150	920	1000	...	...	variable	0,93	5,8	+ 1,1	110
6	738,46	+11,53	+ 1,36	+0,81	+ 0,6	+ 4,0	5,10	+0,81	999	+156	960	1000	...	...	variable	1,00	5,8	+ 1,1	110
7	736,76	+ 9,89	+ 0,26	—0,37	— 1,3	+ 3,8	4,70	+0,40	999	+158	910	1000	...	...	variable	1,00	—	—	108
8	732,51	+ 5,70	+ 0,03	—0,68	— 3,6	+ 3,5	4,77	+0,46	999	+160	920	1000	...	...	variable	0,53	5,8	+ 1,0	107
9	732,82	+ 6,08	+ 6,83	+6,04	+ 0,5	+13,0	5,39	+1,07	717	—120	630	740	1,5	1½	SSO. 1	0,71	5,7	+ 0,9	105
10	737,00	+10,32	+ 7,73	+6,85	+ 1,5	+14,3	5,28	+0,95	690	—145	460	920	2,0	4	O. 1	0,51	5,9	+ 1,1	105
11	737,59	+10,98	+10,00	+9,03	+ 7,0	+14,0	7,07	+2,73	779	— 54	630	910	...	...	SSO. 1	0,83	6,0	+ 1,2	110
12	732,69	+ 6,14	+11,87	+10,81	+ 6,1	+18,0	6,35	+2,00	623	—208	380	880	...	...	S. 1	0,56	6,1	+ 1,3	108
13	729,06	+ 2,58	+ 7,15	+6,00	+ 5,0	+13,3	4,75	+0,39	642	—187	510	690	...	...	N. 2	0,42	6,4	+ 1,5	107
14	738,28	+11,86	+ 3,84	+2,60	+ 0,2	+10,3	3,85	—0,52	659	—168	430	860	...	...	variable	0,07	—	—	106
15	738,80	+12,43	+ 2,20	+0,87	— 2,8	+ 9,8	3,85	—0,52	729	— 95	420	950	...	...	variable	0,09	5,9	+ 1,0	105
16	735,98	+ 9,67	+ 2,76	+1,33	— 2,3	+ 8,2	4,82	+0,44	854	+ 32	650	1000	...	...	N. 1	0,22	5,9	+ 1,0	104
17	731,68	+ 5,42	+ 5,60	+4,07	— 2,3	+15,1	5,18	+0,80	751	— 68	490	1000	...	...	S. 1	0,33	6,0	+ 1,0	103
18	726,67	+ 0,46	+ 8,52	+6,89	+ 2,7	+13,0	4,07	—0,32	504	—312	380	730	...	...	SSO. 2	0,92	6,3	+ 1,3	102
19	724,99	— 1,16	+ 5,93	+4,20	+ 1,2	+13,0	5,09	+0,70	736	— 78	540	900	...	...	variable	0,94	6,2	+ 1,2	100
20	726,02	— 0,08	+ 5,09	+3,26	+ 4,6	+ 7,8	6,03	+1,63	935	+124	840	980	17,2	19	SSO. 1	1,00	6,4	+ 1,3	99
21	722,01	— 4,01	+ 5,18	+3,24	+ 4,0	+ 6,8	5,86	+1,45	896	+ 88	810	960	...	...	variable	1,00	—	—	102
22	721,33	— 4,67	+ 5,76	+3,71	+ 4,0	+ 7,4	5,77	+1,35	848	+ 42	750	940	...	...	N. 1	1,00	6,5	+ 1,4	103
23	726,29	+ 0,35	+ 5,07	+2,91	+ 4,2	+ 6,5	5,18	+0,75	807	+ 4	660	940	0,8	4	N. 1	1,00	6,4	+ 1,2	102
24	732,57	+ 6,68	+ 4,48	+2,21	+ 3,2	+ 6,8	5,38	+0,94	869	+ 68	700	990	0,5	4	variable	1,00	6,3	+ 1,1	102
25	732,03	+ 6,20	+ 1,98	—0,40	+ 0,6	+ 4,1	4,93	+0,48	946	+148	810	1000	7,8	8	variable	0,94	6,2	+ 1,0	103
26	734,62	+ 8,84	+ 4,96	+2,47	+ 0,4	+ 8,5	5,47	+1,01	832	+ 37	660	960	...	...	variable	0,97	6,1	+ 0,8	103
27	734,10	+ 8,38	+ 8,16	+5,56	+ 3,0	+13,8	6,35	+1,88	782	— 11	580	960	...	...	SO. 1	0,84	6,6	+ 1,3	102
28	727,14	+ 1,47	+ 3,99	+1,28	+ 0,2	+ 9,0	4,42	—0,06	751	— 39	580	900	3,8	6	SSO. 1	0,92	—	—	100

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1869.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	733,28	733,59	733,87	733,58	732,78	732,87	733,37	733,89	734,36
2e «	732,47	732,77	732,78	732,40	731,51	731,26	731,57	731,78	731,93
3e «	728,59	728,83	728,87	728,69	728,27	728,51	729,12	729,37	729,50
Mois	731,65	731,94	732,05	731,76	731,04	731,05	731,51	731,85	732,11
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,91	+ 2,79	+ 4,62	+ 6,96	+ 7,64	+ 6,93	+ 6,04	+ 5,26	+ 4,41
2e «	+ 3,12	+ 3,48	+ 6,93	+ 9,04	+10,18	+ 9,67	+ 8,16	+ 6,58	+ 5,22
3e «	+ 3,84	+ 4,26	+ 5,63	+ 6,30	+ 6,83	+ 6,34	+ 5,38	+ 4,89	+ 4,37
Mois	+ 3,25	+ 3,46	+ 5,73	+ 7,51	+ 8,32	+ 7,74	+ 6,61	+ 5,63	+ 4,69
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,02	4,91	5,36	5,63	5,77	5,50	5,52	5,56	5,65
2e «	4,72	4,77	5,34	5,34	5,30	5,19	5,28	5,15	5,12
3e «	5,47	5,50	5,42	5,32	5,26	5,44	5,51	5,55	5,57
Mois	5,04	5,03	5,37	5,44	5,46	5,37	5,43	5,41	5,44
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	902	893	858	782	767	763	806	853	907
2e «	826	818	715	618	573	578	659	721	778
3e «	906	887	799	747	716	759	815	852	885
Mois	876	865	790	714	683	696	756	806	855

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 1,23	+ 8,88	0,77	5,83	32,3	109,6
2e «	+ 1,94	+12,25	0,54	6,13	17,2	104,4
3e «	+ 2,45	+ 7,86	0,96	6,35	12,9	102,1
Mois	+ 1,83	+ 9,79	0,74	6,07	62,4	105,6

Dans ce mois, l'air a été calme 8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,55 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 60°,5 O., et son intensité est égale à 25,5 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1869.

Le 1,	brouillard	de 4 h. du soir à 6 h.
2,	id.	tout le jour.
3,	id.	jusqu'à 8 h. du matin et depuis 6 h. du soir.
4,	id.	jusqu'à 4 h. du soir.
11,	id.	la plus grande partie de la journée.
13,	id.	depuis 4 h. du soir.
18,	id.	de 4 h. du soir à 8 h.
19,	id.	la plus grande partie de la journée.
20,	id.	depuis 6 h. du soir.
21,22,23,24.	id.	toute la journée.
25,	id.	dans l'après-midi et le soir.
26,	id.	une grande partie de la journée.
27.	id.	depuis 6 h. du soir.
28,	id.	tout le jour. La neige tombée dans la nuit du 27 au 28 a été emportée en grande partie.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 10 h. soir	576,10	Le 2 à 2 h. après-midi	559,04
10 à 10 h. matin	572,47	8 à 6 h. matin	567.02
16 à 10 h. matin	572,41	13 à 2 h. après-midi	560,91
24 à 10 h. soir	565,23	22 à 4 h. après-midi	557,69
26 à 8 h. soir	568,73	25 à 2 h. après-midi	563,68

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1869.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	563,38	+ 2,93	561,85	564,92	— 6.10	+ 2,97	— 7,2	— 3,8	30	3,8	4	SO. 1	0,98
2	559,51	— 0,91	559,04	560,37	— 6,46	+ 2,60	— 7,6	— 3,8	300	25,4	12	NE. 1	1,00
3	566,37	+ 5,99	564,06	568,13	— 7,42	+ 1,63	—10,0	— 5,6	.....	.....	......	NE. 1	0,63
4	571,41	+11,07	569,55	572,76	— 3,00	+ 6,04	— 4,7	— 1,0	.....	.....	......	NE. 1	0,63
5	575,07	+14,77	573,71	576,10	+ 1,49	+10,52	+ 0,4	+ 4,2	.....	.....	......	SO. 1	0,04
6	575,13	+14,86	574,54	576,00	+ 1,96	+10,98	+ 0,4	+ 5,4	.....	.....	......	SO. 1	0,00
7	572,32	+12,09	571,71	573,11	+ 1,12	+10,13	— 0,4	+ 3,2	.....	.....	......	NE. 1	0,00
8	567,74	+ 7,54	567,02	569,69	+ 0,43	+ 9,42	— 2,0	+ 4,0	.....	.....	......	calme	0,00
9	569,30	+ 9,13	568,41	570,41	— 4,32	+ 4,65	— 6,8	— 1,7	.....	.....	......	NE. 1	0,30
10	571,85	+11,71	571,37	572,47	— 1,30	+ 7,65	— 5,0	+ 2,8	.....	.....	......	NE. 1	0,70
11	571,44	+11.34	571,16	572,21	— 1,23	+ 7,70	— 2,0	+ 0,3	.....	.....	......	NE. 2	0,91
12	568,53	+ 8,46	566,42	570,24	+ 0,03	+ 8,94	— 1,3	+ 1,6	.....	.....	......	NE. 1	0,39
13	562,81	+ 2,77	560,91	565,03	— 6,93	+ 1,95	— 8,8	— 4,6	.....	.....	......	NE. 1	0,60
14	569,71	+ 9,70	567,16	571,38	— 6,27	+ 2,58	—11,8	— 2,8	.....	.....	......	NE. 1	0,00
15	571,43	+11,45	571,19	571,75	— 2,09	+ 6,73	— 4,0	+ 0,6	.....	.....	......	NE. 1	0,07
16	571,73	+11,78	571,45	572,41	— 2,17	+ 6,62	— 3,2	— 0,8	.....	.....	......	NE. 1	0,06
17	569,03	+ 9,11	567,94	570,26	— 2,15	+ 6,61	— 4,0	+ 0,9	.....	.....	......	SO. 1	0,02
18	565,10	+ 5,21	564,53	566,43	— 6,63	+ 2,10	— 7,0	— 5,0	.....	.....	......	SO. 1	0,92
19	563,06	+ 3,19	562,32	564,35	— 6,36	+ 2,33	— 7,6	— 5,2	.....	.....	......	NE. 2	0,94
20	560,95	+ 1,10	560,73	561,43	— 6,35	+ 2,30	— 6,4	— 6,0	190	27,3	14	NE. 2	1,00
21	559,04	— 0,79	558,68	559,67	— 6,47	+ 2,14	— 6,8	— 5,8	.....	.....	......	SO. 1	0,99
22	557,84	— 1,97	557,69	558,29	— 5,98	+ 2,59	— 6,8	— 4,0	.....	.....	......	SO. 1	0,90
23	560,35	+ 0,56	558,42	562,15	— 6,38	+ 2,15	— 8,0	— 3,2	.....	.....	......	NE. 1	0,84
24	564,50	+ 4,73	562,13	565,23	— 6,26	+ 2,23	— 8,0	— 3,7	50	7,7	6	NE. 1	0,90
25	564,29	+ 4,54	563,68	565,11	— 7,26	+ 1,18	— 8,6	— 5,0	25	3,0	4	variable	0,80
26	567,51	+ 7,78	565,73	568,73	— 3,83	+ 4,56	— 8,6	— 0,1	.....	.....	......	NE. 1	0,87
27	567,56	+ 7,85	566,31	568,52	— 2,17	+ 6,17	— 3,8	+ 0,8	.....	.....	......	NE. 2	0,76
28	557,26	— 2,44	554,81	561,37	—11,03	— 2,74	—15,0	— 7,0	.....	.....	......	NE. 3	1,00

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1869.

	6 h. m.	8 h m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	568,86	569,37	569,59	569,39	569,17	569,12	569,12	569,33	569,55
2e »	567,69	567,74	567,74	567,47	567,06	567,24	567,39	567,46	567,26
3e »	562,23	562,46	562,64	562,53	562,21	561,98	562,24	562,48	562,52
Mois	566,55	566,82	566,94	566,74	566,43	566,41	566,54	566,70	566,72
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 3,42	— 3,00	— 2,00	— 0,45	— 0,32	— 1,42	— 3,02	— 3,12	— 2,55
2e »	— 5,13	— 4,53	— 3,23	— 2,50	— 2,58	— 3,70	— 3,88	— 4,30	— 4,31
3e »	— 6,75	— 6,49	— 5,66	— 4,18	— 4,06	— 5,37	— 6,84	— 7,02	— 7,24
Mois	— 4,98	— 4,54	— 3,49	— 2,25	— 2,20	— 3,36	— 4,42	— 4,66	— 4,52

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 4,29	+ 0,37	0,43	29,2	330
2e »	— 5,61	— 2,10	0,49	27,3	190
3e »	— 8,20	— 3,50	0,88	10,7	75
Mois	— 5,88	— 1,62	0,58	67,2	595

Dans ce mois, l'air a été calme 18 fois sur 100.

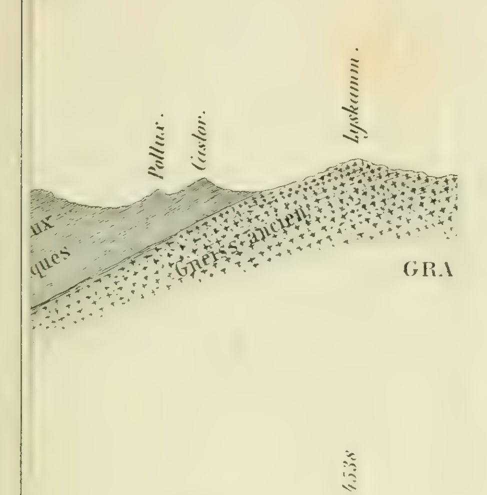
Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,60 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E , et son intensité est égale à 56,0 sur 100.

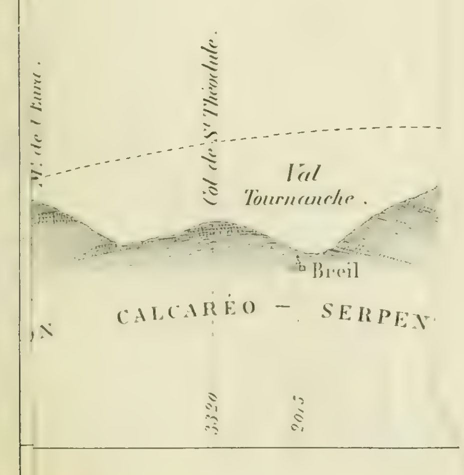
* Voir la note du tableau

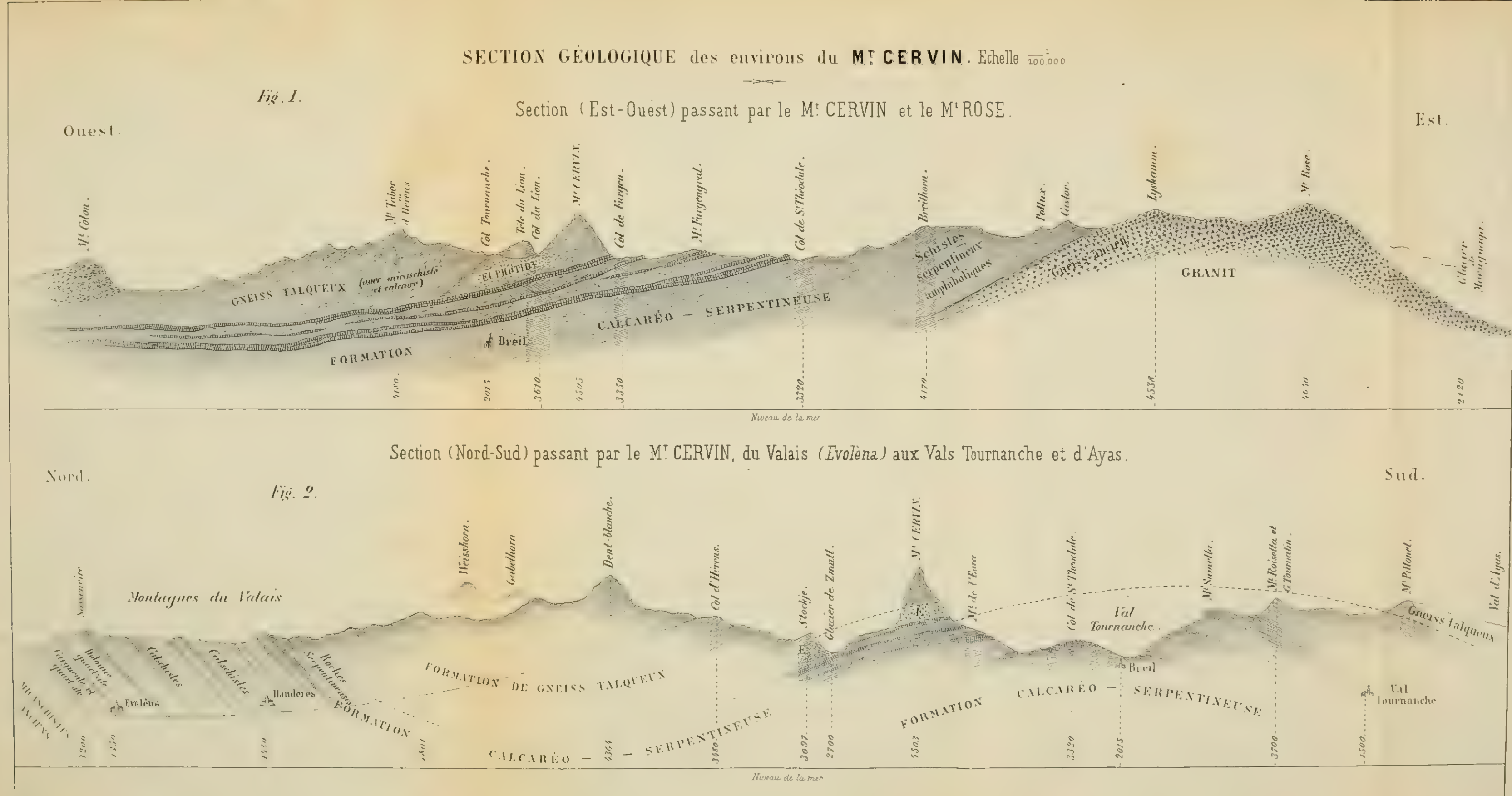
Echelle $\frac{1}{100,000}$

OSE.



ournanche et d'Ayas.




SECTION GÉOLOGIQUE des environs du Mt CERVIN. Echelle 1/100,000
Fig. 1.
Section (Est-Ouest) passant par le Mt CERVIN et le Mt ROSE.
Ouest.
Est.
Mt Colon.
Mt Tabor ou d'Herens
Col Tournanche.
Tête du Lion.
Col du Lion.
Mt CERVIN.
Col de Furgen.
Mt Furgengrat.
Col de St Théodule.
Breithorn.
Pollux.
Castor.
Lyskamm.
Mt Rose.
GNEISS TALQUEUX (avec micaschiste et calcaire)
EUPHOTIDE
Schistes serpentineux et amphiboliques
Gneiss anciens
GRANIT
CALCARÉO — SERPENTINEUSE
FORMATION
Breil
2015
3610
3350
3320
4170
4538
2120
Niveau de la mer
Section (Nord-Sud) passant par le Mt CERVIN, du Valais (Evolèna) aux Vals Tournanche et d'Ayas.
Nord.
Sud.
Fig. 2.
Montagnes du Valais
Weisshorn.
Gabelhorn
Dent-blanche.
Col d'Herens.
Stockje.
Glacier de Zmutt.
Mt CERVIN.
Mt de l'Eure
Col de St Theodule.
Mt Sanetta.
Mt Roisetta et G. Tournalin.
Mt Pillonel.
Val d'Ayas.
Val Tournanche.
Gneiss talqueux
Calschistes
Calschistes
Roches serpentineuses
Evolèna
Hauderes
FORMATION DE GNEISS TALQUEUX
FORMATION
CALCARÉO — SERPENTINEUSE
FORMATION
CALCARÉO — SERPENTINEUSE
Breil
Val Tournanche
3480
3097
2700
3320
2015
3700
1500
Niveau de la mer

SUR

LA GÉOLOGIE CHIMIQUE

Par M. D. FORBES

(Suite [1].)

La croûte terrestre primitive, disloquée ainsi qu'il a été dit plus haut, par l'effet de la contraction, aura été ensuite divisée et pulvérisée par l'action mécanique de l'eau faiblement renforcée par l'action désagrégeante et décomposante de l'acide carbonique, dont l'atmosphère d'alors renfermait un si grand excès, et ainsi par la suite des temps ses particules seront devenues assez fines pour être entraînées et triées par les rivières et la mer qui les auront arrangées en couches sédimentaires de densité et de caractères différents.

Une grande quantité de quartz plus ou moins exempt de silicates aura formé tout d'abord des lits de grès; les silicates auront subi une décomposition partielle sous l'influence de l'acide carbonique et de l'eau; une forte proportion de leur alcali, entraîné sous forme de carbonate dans la mer, aura réagi sur les chlorures terreux et métalliques contenus dans l'Océan. Les particules de sulfures métalliques disséminées dans les silicates (car aucune séparation mécanique suivant les densités ne peut être regardée comme parfaite), amenées par l'oxydation à l'état de sulfates, auront également été entraînées dans

[1] Voyez le numéro de février 1869.

la mer, qui aura reçu également de nouvelles quantités des composés gazeux de soufre amenés par les éruptions de matières ignées.

Les silicates partiellement décomposés, avec plus ou moins de quartz, ont dû, par l'action des rivières et des mers, être aussi entraînés et déposés en sédiments formant les couches argileuses et aréno-argileuses de cette période, lesquelles couches furent ensuite modifiées par voie métamorphique.

Le développement de la vie organique, se manifestant d'abord par les types les plus bas, a dû introduire un autre genre de dépôts sédimentaires en enlevant la chaux contenue dans l'Océan (sous la forme de carbonate, de sulfate et de phosphate, ces deux derniers composés étant la source probable du soufre et du phosphore qui jouent un rôle si important dans l'économie animale et végétale) ; cette chaux fournit graduellement les matériaux pour la formation des calcaires, tandis que la végétation, absorbant l'acide carbonique de l'atmosphère, introduisait dans la série, par l'accumulation de ses débris, des couches d'un caractère carbonifère. Et en même temps, les plantes, en débarrassant l'air du grand excès d'acide carbonique dont il était mélangé, et en lui rendant une quantité d'oxygène correspondante, préparaient les voies au développement croissant de la vie animale, et rendaient possible l'existence des animaux à respiration aérienne.

Par ces moyens, nous sommes en état d'expliquer la formation des classes les plus importantes de roches qui caractérisent toutes les formations sédimentaires, depuis les plus anciennes jusqu'aux plus récentes, savoir les couches arénacées, argileuses et calcaires, avec les nom-

breux dépôts de caractères intermédiaires résultant d'un mélange plus ou moins considérable des matériaux de deux des précédents.

L'action de ces causes s'est continuée à travers tous les âges, car si, dans l'origine, elles ont dû s'exercer sur la croûte primitive et ses détritus, dans les époques subséquentes, elles avaient un large champ dans la destruction de toutes les roches stratifiées ou non des périodes précédentes et la reconstruction avec leurs ruines de nouvelles couches et nouveaux lits.

La formation de ces dépôts sédimentaires ne se fit cependant pas d'une manière ininterrompue, pendant une longue période, car de temps à autres des éruptions et des épanchements de matières ignées se faisaient jour à travers l'écorce, dérangeaient et brisaient les couches, formaient des dykes, des coulées, des protubérances ou des nappes qui étaient tantôt superficielles, tantôt intercalées entre les lits eux-mêmes [1].

Des pluies de cendres ont pu probablement, dans quel-

[1] Les roches éruptives, en se refroidissant, se solidifiaient d'abord à l'extérieur, et par la contraction elles étaient fréquemment, surtout quand elles se présentaient en grandes masses, divisées par des joints et des fissures, lesquels pouvaient à l'occasion être remplis immédiatement par la portion sous-jacente encore liquide poussée de dessous par la contraction générale de la masse. C'est de cette manière que l'on peut expliquer la formation de *veines contemporaines* dans ces roches, veines dont l'aspect extérieur est en général différent de celui du reste de la roche, ce qui tient à ce que les conditions de refroidissement et de cristallisation différaient de celles de la masse superficielle. Comme les roches acides, les granits par exemple, se contractent davantage par le refroidissement que les roches basiques (les dolérites, etc.), ces veines existent plus souvent dans les premières que dans les dernières. Il ne faut cependant pas les confondre avec les veines ou dykes produites par des éruptions subséquentes à travers les roches dues à des phénomènes géologiques antérieurs.

ques cas, accompagner ces éruptions, et, en tombant sur le sol ou dans la mer, former des dépôts d'un caractère différent de ceux dont l'histoire vient d'être exposée. Quand les courants de lave ont coulé jusque dans l'Océan, ou quand les éruptions se sont faites au fond des eaux, la matière ignée a dû se convertir en tufs, c'est-à-dire être brisée, désagrégée et amenée ainsi à un état de division plus ou moins avancé. L'action des vagues consistait à étendre ces matériaux et à les arranger en lits semblables à ceux d'origine détritique ordinaire; la texture de ces lits devait varier depuis celle de la brèche la plus grossière au limon le plus fin, et présenter différentes alternances. La consolidation de telles masses donne naissance à des roches tout à fait identiques chimiquement et minéralogiquement avec les roches éruptives dont elles dérivent, et leur apparence extérieure, surtout quand elles sont à grains fins, ne permet pas de les distinguer à l'œil nu de ces dernières ; dans bien des cas pourtant le microscope a une distinction certaine. Pendant longtemps les roches en apparence normalement stratifiées, comme les dépôts sédimentaires ordinaires, tout en ayant la même composition chimique que les roches éruptives, ont été une énigme pour les chimistes et pour les géologues.

C'est à la difficulté de distinguer entre de telles roches, que j'attribue en grande partie les opinions contraires qui ont divisés les géologues sur l'origine des granits et d'autres roches plutoniques plus anciennes, et mon expérience sur le terrain, aidée par le microscope et le laboratoire, m'a montré qu'un grand nombre des soi-disant granits et gneiss sont réellement des produits sedimentaires provenant de la destruction de certaines roches

éruptives ignées, stratifiés par des agents aqueux et ensuite consolidés de nouveau. En même temps, je suis aussi arrivé à la conclusion qu'il y a aussi de vrais granits éruptifs d'origine ignée, c'est-à-dire qui résultent d'actions semblables à celles des volcans, la seule distinction physique apparente étant probablement que les conditions de pression étaient quelque peu différentes dans les périodes anciennes.

Ceci est un point de grande importance et très-intéressant de l'étude des roches anciennes, et c'est pourquoi j'essaierai de répondre aux arguments que l'on a avancés contre l'origine ignée du granit, non pas en me référant aux autorités sur la matière, mais parce que l'on peut appeler des faits volcaniques, c'est-à-dire des faits découlant de l'examen minéralogique et pétrographique des districts volcaniques. Les principaux arguments invoqués contre la probabilité de l'origine ignée du granit et de plusieurs autres roches plutoniques sont :

1. Que le granit contient du quartz libre. Comme je l'ai déjà fait observer, ce cas se présente aussi dans plusieurs laves, et les remarques faites touchant la possibilité de la présence de silice libre parmi les silicates, sont toutes applicables à ces laves.

2. La densité du quartz des granits est 2.6, c'est-à-dire la même que celle du quartz d'origine aqueuse, comme cela a été établi plus haut ; c'est aussi le cas pour le quartz des laves volcaniques.

3. Le quartz des granits renferme de l'eau ; mais il en est de même pour celui qui a été extrait des roches de l'île volcanique de Ponza dans la baie de Naples et dans les laves volcaniques du Pérou.

4. Dans les granits, des minéraux plus fusibles se sont

souvent solidifiés et ont cristallisé avant les espèces moins fusibles.

Il est commun de trouver dans les laves du Vésuve des cristaux de *leucite* réfractaire adhérant à des cristaux *d'augite* aisément fusible qui avait cristallisé en premier lieu.

5. Le granit contient fréquemment des minéraux hydratés. Le quartz, le feldspath, la néphéline et l'idocrase du Vésuve contiennent tous de l'eau. La stilbite a été trouvée dans la lave qui coulait de l'Etna en mars 1865.

Bunsen a prouvé par des expériences que des silicates hydratés peuvent se former à de hautes températures, et retenir leur eau à de telles températures, aussi longtemps qu'ils sont enfermés dans leur gangue ; une fois qu'ils sont sortis de celle-ci, l'eau qu'ils contiennent peut être expulsée à une chaleur modérée. Laurent a aussi démontré que le borate de potasse fondu à une température qui dépasse le point de fusion de l'argent, retient de l'eau qui peut être expulsée en bulles en réchauffant la masse vitrifiée jusqu'à ce qu'elle se ramollisse.

Il me semble, par conséquent, que lorsque les faits et les arguments pour les deux faces de la question ont été examinés d'une manière impartiale, on doit admettre qu'il y a de vrais granits éruptifs, et que les arguments avancés contre l'origine ignée de cette roche ne sont ni solides ni concluants. Plusieurs de ces éruptions de roches plutoniques qui ont dérangé les couches sédimentaires, comme cela a été exposé plus haut, sont accompagnés de veines minérales, que l'on trouve d'habitude traversant les couches à proximité de ces dérangements, et qui apparaissent, en conséquence, intimement liés à ces éruptions. Les minéraux contenus dans ces veines varient

suivant la nature des roches éruptives qui semblent avoir causé leur formation.

Les matières solides injectées dans les couches et amenées à la surface, par ces éruptions, ont dû ensuite, par la désagrégation et la décomposition, perdre une partie de leurs constituants sous une forme plus ou moins soluble (alcali, chaux, magnésie, etc.). C'est ce qui permet d'expliquer la présence continuelle, dans l'Océan, de la chaux nécessaire aux organismes vivants.

De plus, puisque ces éruptions ont de grandes ressemblances avec celles des volcans actuels, on peut en inférer qu'elles ont dû être accompagnées aussi de grands volumes de gaz et de vapeurs, parmi lesquelles, tout comme de nos jours, les produits de l'oxydation du soufre prédominaient; et ces produits, par leur réaction subséquente, ont contribué à former la grande quantité de sulfates que l'on sait exister dans l'Océan.

Plusieurs dépôts de sulfates, de chlorures et d'autres composés, tels que le gypse, le sel gemme, la carnallite, etc., résultent sans doute de l'évaporation de lagunes ou de bras de mer.

Les roches formées par la solidification des matières fondues éruptives, qu'elles soient anciennes ou récentes, possèdent une structure physique et un arrangement commun; mais, d'autre part, elles diffèrent beaucoup chimiquement et minéralogiquement, suivant l'époque de leur formation.

Malheureusement ce point a encore trop peu attiré l'attention des géologues, et, par conséquent, nous ne possédons pas encore un nombre suffisant de faits exacts pour arriver à des conclusions certaines sur ce sujet. Toutefois, le résultat d'investigations prolongées m'a con-

duit, il y a déjà quelque temps, à annoncer la probabilité que :

1° Les roches éruptives dont la constitution minéralogique est identique ont apparu sur la terre ou ont traversé la croûte terrestre à des époques géologiques semblables.

2° Que les minéraux, ou les classes de minéraux qui accompagnent ces roches, ou leur sont associés, peuvent servir à distinguer les diverses éruptions dans la chronologie géologique.

3° Quand les époques géologiques où ont apparu deux ou plusieurs roches éruptives sont reconnues différentes, ces roches doivent aussi avoir une constitution minéralogique différente.

Pour autant que j'ai pu recueillir des faits authentiques, ces vues ont été confirmées sans que je puisse les donner encore comme complétement prouvées, le nombre des observations n'étant pas assez grand pour cela.

L'analyse chimique des roches éruptives montre que celles-ci peuvent se diviser en deux grandes classes : les roches acides et les roches basiques; mais, en ce qui concerne l'ordre d'apparition de ces deux classes, on les rencontre les uns et les autres à tous les âges.

De même que dans les époques les plus anciennes se sont montrés les granits (acides) et les norites et ou les dolérites (basiques), de même nous voyons actuellement les trachytes (acides) et les dolérites et les laves (basiques) se produire dans les régions volcaniques modernes; et il semble probable que les roches acides caractéristiques de chaque période géologique accompagnaient les roches basiques de la même période, ou en étaient en connexion quelconque avec elles.

Croyant, comme je le fais, que l'origine de toutes ces roches doit être attribuée à des causes semblables à celles qui agissent dans les volcans actuels, je suis naturellement conduit à aborder quelques considérations sur l'action volcanique.

Comme je l'ai expliqué plus haut, j'ai admis qu'il existait lors de la solidification du globe, et qu'il existe encore dans l'intérieur de la terre, un ou plusieurs grands réservoirs de matières ignées fluides, sources de toutes les roches ignées, anciennes ou récentes; et je regarde cette existence comme probable pour deux raisons : premièrement parce que, quand on voit les torrents de lave fondue sortir d'un volcan pour couvrir de vastes étendues de terrain, il est naturel de penser qu'ils doivent venir de quelque réceptacle souterrain; et, secondement, comme nous savons que des portions même considérables de la croûte terrestre se sont effondrées à des profondeurs souvent très-grandes, il semble également naturel de conclure que cela n'aurait pu avoir lieu si le globe avait été entièrement solide; il doit donc y avoir à l'intérieur de grandes cavités remplies de gaz ou de matières liquides qui par leur mobilité ont laissé facilement la place aux masses ainsi effondrées.

Je ne puis me hasarder à décider s'il y a un ou plusieurs réservoirs, ou encore si, comme aucuns l'ont imaginé, il y a deux réservoirs distincts contenant respectivement des silicates acides ou basiques, trachytiques ou pyroxéniques; ou bien si à la fois des silicates acides et des silicates basiques ne peuvent pas provenir d'une même source. Mais j'incline à croire que les sources de matières volcaniques doivent avoir quelque connexion intime les unes avec les autres, puisqu'il est connu que les

roches volcaniques prises dans différentes parties du monde, même très-éloignées les unes des autres, en Islande et sur la Terre de feu, sur l'Etna ou à Java, ont une constitution et une composition identiques, et les mêmes propriétés physiques et optiques.

Que l'action volcanique soit quelque chose de plus que les simples éruptions que l'on a comparées à d'insignifiantes pustules sur la surface de la terre, un simple coup d'œil sur la distribution et l'extension géographiques des volcans suffit à le montrer. Les innombrables îles volcaniques de l'Océan Pacifique, par exemple, présentent une scène continue d'activité volcanique actuelle et récente qui embrasse une longueur de plus d'un huitième de la circonférence terrestre.

L'hypothèse que les roches volcaniques, granitiques et autres d'origine plutonique, sont toutes des produits locaux de la fusion des sédiments ordinaires qui se sont enfoncés dans l'intérieur de la terre jusqu'à pouvoir ressentir l'action de la chaleur centrale; cette hypothèse soulève la difficulté d'expliquer comment ces masses ont pu s'enfoncer sans la substance d'un globe solide dans lequel aucun vide n'est censé exister; alors il faudrait savoir pourquoi, si la chaleur centrale, à une certaine profondeur, est suffisante pour fondre ces couches quand elles y sont descendues, la masse totale de la terre à cette profondeur n'est pas à l'état fondu. Le chimiste tout comme le géologue hésitera, je crois, que les roches qui se présentent à nous avec des caractères et une composition si constants puissent avoir pris naissance par la fusion de simples agrégats de débris rocheux dont la composition varie dans les limites les plus larges.

Sachant, par exemple, que les calcaires, souvent en lits

immenses, se trouvent dans toutes les formations sédimentaires, il semble difficile d'imaginer qu'un granit, une felsite ou toute autre roche plutonique, spécialement caractérisée par une teneur presque nulle en chaux et assez forte au contraire en alcali, puisse s'être formée par l'enfoncement et la fusion de telles couches. De même, il paraît également difficile de concevoir une dolérite basique, contenant relativement peu de silice, formée par la fusion d'autres formations spécialement caractérisées par une épaisseur énorme de grés et de bancs fortement siliceux. En pratique, il serait impossible de trouver quelque portion des formations sédimentaires abordables à nos investigations, dont la composition chimique moyenne donne après fusion le percentage des éléments de granit, de la diorite, de la dolérite, etc.

D'un autre côté, comme il est admis que la présence de l'eau a eu quelque part dans les phénomènes ignés de la nature, et que plusieurs minéraux trouvés dans les roches plutoniques contiennent de petites quantités d'eau, soit interposée, soit combinée, on a avancé qu'il ne pourrait pas en être ainsi si les matières ignées provenaient réellement d'un réservoir dans l'intérieur de la terre, puisque l'eau ne pourrait parvenir à un tel endroit.

L'émission réelle de vapeur et la présence d'eau dans des minéraux volcaniques prouvent que ce liquide a réellement pénétré dans l'intérieur par quelque moyen, et en prenant en considération les effets de l'action capillaire et de la chaleur, je ne trouve aucune difficulté à me rendre compte de l'infiltration des eaux. Une excellente illustration de la manière dont cela a pu avoir lieu, nous est donnée par ce que nous voyons dans un injecteur

Giffard, si communément employé pour alimenter d'eau les bouilleurs à haute pression, et dans lequel la pression qui, dans les circonstances ordinaires, empêcherait l'entrée de l'eau, devient au contraire le moyen de la faire pénétrer.

Avant de terminer, je désire ajouter quelques mots sur un sujet qui mérite d'être appelé la *bête noire* des géologues, je veux dire l'*action métamorphique* dont l'étude, assez embrouillée par elle-même, semble avoir été rendue encore plus difficile par des tentatives constantes de ramener à une seule cause des résultats qui sont dus sans doute à plusieurs agents très-différents.

L'étude du métamorphisme offre un large champ d'exploration, principalement aux chimistes et aux microscopistes, car le microscope est un instrument indispensable dans ses recherches. Il reste cependant encore beaucoup à faire, car il y a encore peu de points démontrés d'une manière satisfaisante, et plusieurs questions importantes sont encore très-obscures.

Les résultats de l'action métamorphique sont si variés et si nombreux, que les premiers pas à faire, ce me semble, auraient dû être un essai de classification des faits sous le chef des causes auxquelles on pense pouvoir les attribuer.

Un essai grossier conduit à la formation de six classes différentes :

1. *Par la seule pression.* — Altération par compression et durcissement occasionnant souvent le clivage, comme dans les schistes argileux. Cette action métamorphique est purement mécanique ; mais de faibles changements chimiques peuvent avoir eu lieu, par suite proba-

blement de la conversion indirecte de l'action mécanique en action chimique.

2. *Par la chaleur seule.* — Des lits mous, tels que les argiles et les schistes argileux, sont fortement durcis et convertis en porcelanite et autres produits semblables, par leur contact avec des dykes basaltiques, etc. L'examen chimique et microscopique montre que, outre l'expulsion de l'eau, le changement est semblable à celui que produit la cuisson des poteries.

3. *Par la chaleur accompagnée de l'action chimique et de la cristallisation.* — Si, dans le cas précédent, la roche contient des substances qui peuvent s'unir les unes avec les autres pour former de nouveaux composés, ceux-ci prennent naissance et on les trouve dans la masse. Par exemple, si une argile calcaire ou ferrugineuse est soumise à une température bien inférieure à son point de fusion, soit dans la nature, soit d'une manière artificielle, nous voyons un changement complet dans son apparence et sa composition minéralogique, produit par un nouvel arrangement de ses constituants et la formation de nouveaux minéraux, comme l'épidote ou le grenat, par exemple, qui sont l'un et l'autre des silicates d'alumine, de fer et de chaux. Ces réactions expliquent pourquoi il est si commun de trouver ces minéraux dans des roches en contact avec des masses éruptives; car la plupart des roches sédimentaires contiennent les éléments silice, alumine, chaux et oxyde de fer qui entrent dans leur composition.

Quand, en outre, on fait intervenir une pression constante, sans être nécessairement forte, on peut obtenir artificiellement les résultats les plus frappants, tels que la conversion des schistes argileux ordinaires, chloritiques

ou micacés en roches ressemblant beaucoup à des roches schisteuses ou gneissiques. L'expérience a été faite en maintenant pendant plusieurs mois les roches à une température au-dessous de leur point de ramollissement, en même temps qu'elles étaient protégées contre l'oxydation et soumises à une pression variant de 15 à 77 livres par pouce carré. Si la fusion ou le ramollissement intervient, toute la structure est non-seulement changée, mais encore il se manifeste de nouvelles réactions, résultant de la formation de nouveaux composés chimiques, entièrement différents dans la masse fondue. On a remarqué que la structure parallèle s'est développée à angles droits avec le sens de la pression, ou, en d'autres termes, dans la direction de moindre résistance de la roche.

Un morceau de stéatite soumis au même procédé d'expérimentation, a complétement changé d'aspect : il a pris une structure feuilletée bien développée, avec de grandes lames cristallines. Dans ce cas, il est probable que les effets sont dus à la recristallisation ; et c'est à une cause semblable que l'on peut attribuer la formation des marbres et des calcaires cristallins métamorphiques, quand le contact avec les éruptions ignées a pu les chauffer suffisamment pour provoquer de tels changements moléculaires.

4. *Par l'action aqueuse ;* soit qu'elle ait déterminé des cristallisations en introduisant ou en enlevant, au contraire, diverses substances minérales, ou bien en hydratant certains composés, ou bien encore en effectuant des changements chimiques par l'intermédiaire d'agents tenus par elle en dissolution. Tous ces effets peuvent avoir été aidés plus ou moins par la chaleur et la pression.

L'exemple le plus simple de cette action peut être pris

dans la destruction et l'oblitération de la structure des calcaires d'origine organique, qui peuvent ainsi être transformés en roches cristallines dans lesquelles on ne reconnaît plus trace de leur origine. Ces veines de calcaire cristallisé que l'on trouve dans les récifs de coraux modernes s'expliquent de la même manière. Des infiltrations d'eau venant du carbonate de chaux en dissolution, rendent compte de la formation de grès et de tufs calcaires ainsi que du remplissage des pores de plusieurs laves et roches vésiculaires par du calcaire, tandis que l'effet inverse résulterait de l'action sur ces roches, d'eaux aptes à dissoudre des matières déposées dans ces pores. Certaines zéolites peuvent s'être formées par la combinaison de l'eau avec des silicates anhydres. En outre, de grands changements peuvent s'effectuer par suite de l'action des composés dissous dans l'eau sur les constituants des roches dans lesquelles elle s'infiltre. Certaines dolomies et certains calcaires magnésiens paraissent avoir été formés par l'action de dissolution contenant de la magnésie sur des calcaires d'origine organique. D'autres calcaires semblables ont été convertis en minerais de fer, par des réactions analogues avec des eaux chargées de sels de fer, comme c'est le cas des minerais de fer de Cleveland; et ces effets ont dû varier naturellement avec la nature chimique de l'agent contenu dans l'eau.

5. *Par l'action gazolytique.* — L'action des vapeurs et des gaz parfois fortement acides, comme on le voit dans les fumerolles et les solfatares, a joué souvent un rôle très-important dans les changements métamorphiques, soit par la décomposition, soit par la reconstitution des roches; c'est par suite de cette action que nous voyons les calcaires changés en gypse, des dépôts d'argile et de

kaolin formés par la décomposition des roches feldspathiques, etc., et plusieurs combinaisons contenant de l'acide borique paraissent aussi provenir de la même source.

6. *Par la combinaison de deux ou de plusieurs des agents énumérés ci-dessus.* — Dans l'étude de la géologie physique et chimique des dépôts métamorphiques les plus anciens et les plus caractéristiques, tous ces agents paraissent s'être combinés pour produire, sinon tout à la fois, au moins à des reprises différentes, les apparences extraordinaires et variées qui sont visibles maintenant dans ces formations.

Maints schistes micacés semblent n'avoir été, dans l'origine, que de simples grés micacés, comme ceux que l'on trouve maintenant dans les formations plus récentes, recristallisés ensuite, probablement sous l'action d'une faible chaleur longtemps continuée, chaleur qui en faisant dilater les particules et leur permettant un mouvement moléculaire, pendant que la pression leur donnait leur direction, a déterminé le nouvel arrangement des matériaux de la roche et la formation des lignes de foliation. Les quarzites, en partie du moins, paraissent également avoir été de simples grés recristallisés et durcis par des causes semblables, tandis que d'autres proviendraient de grès dont les particules auraient été cimentées par une petite quantité de silice gélatineuse produite par la décomposition des feldspaths : cette masse aurait été consolidée par la pression accompagnée ou non de chaleur, résultat fort analogue à la formation des pierres patentées de Ransome. Beaucoup de gneiss sont, paraît-il, le résultat d'une reconsolidation stratifiée de la matière dérivée d'éruptions granitiques subaériennes ou suba-

queuses. Une autre espèce de gneiss granitique ou de granit gneissique paraît résulter, comme je l'ai montré en 1854 à propos de diverses roches de Norwége, de vraies éruptions de granit dans lesquelles la structure foliacée aurait été effectuée par l'action prolongée de la chaleur et de la pression.

Tout en admettant que ce qui a été appelé l'action hydrothermale a joué un rôle dans le métamorphisme des roches, je ne crois pas que cette action soit la grande cause de cet effet, et je ne suis pas incliné à admettre que les roches métamorphiques se sont formées aux dépens des strates ordinaires, ramollies et amenées à l'état de pâte par les effets combinés d'une pression énorme de la chaleur et de l'eau, comme par une sorte de procédé de Papin.

Les résultats des recherches expérimentales montrent, au contraire, que pour imiter de tels effets, la température doit être assez basse pour qu'il n'y ait ni ramollissement, ni fusion ; que la pression doit être modérée, mais constante; que les influences oxydantes doivent être écartées, et que le temps est un élément important de tous ces changements.

L'étude, au moyen du microscope, des roches métamorphiques conduit en outre à la déduction que l'eau, dont la présence est constatée dans ces roches, provient, suivant toutes les probabilités, de celle qui était renfermée auparavant dans les couches non encore altérées; et nous savons que tous les lits déposés par les eaux contiennent invariablement plus ou moins d'eau; le microscope nous démontre aussi que l'arrangement des particules et la cristallisation des roches est compatible seulement avec

l'opinion que le métamorphisme s'est effectué tandis que la roche elle-même était à l'état solide.

Je suis ainsi arrivé à la conclusion que les grands phénomènes de métamorphisme observés dans les couches anciennes ont, pour la plus grande partie, eu lieu pendant que ces roches étaient parfaitement solides ; c'est ce que l'on peut appeler une action moléculo-chimique, c'est-à-dire une combinaison de la force chimique et du mouvement moléculaire, qui peut avoir été produite par les uns ou les autres des agents décrits précédemment.

SUR LA VITESSE

DES

FONCTIONS PSYCHIQUES DU CERVEAU

PAR

M. F.-C. DONDERS

(ARCHIVES DE REICHERT ET DE DU BOIS-REYMOND).

La question de la vitesse nerveuse et du temps physiologique, si intéressante, non-seulement au point de vue purement physiologique, mais aussi par sa portée philosophique, vient de faire un grand pas en avant par des recherches aussi ingénieuses dans leurs méthodes, que curieuses dans leurs résultats, du célèbre physiologiste d'Utrecht.

M. Donders a trouvé moyen de mesurer le temps employé par le cerveau pour les actes psychiques les plus élémentaires, tels que la distinction entre plusieurs sensations d'un même genre, et l'acte de volonté de donner certains signaux convenus suivant le résultat de cette distinction.

Nous savons aujourd'hui qu'il faut au cerveau environ cinquante millièmes de seconde pour distinguer et signaler le résultat de distinction entre deux couleurs, et cinquante millièmes de seconde seulement pour distinguer entre deux voyelles entendues. Et ce qui plus est, M. Donders a réussi à séparer ces deux actes psychiques,

et il a trouvé que son cerveau emploie environ $\frac{1}{25}$ de seconde pour reconnaître une certaine impression, et $\frac{1}{28}$ de seconde pour l'acte de volonté de signaler l'impression reconnue.

Que nous voilà loin du temps, dont nous ne sommes cependant séparés que par un quart de siècle, où le plus grand physiologiste de son époque, Johannes Müller, prédisait qu'il nous serait à *jamais* refusé de déterminer la vitesse de transmission dans les nerfs moteurs ou sensitifs. Quelques années plus tard déjà, en 1845, Du Bois-Reymond indiqua la méthode qui devait conduire à cette détermination et, en 1850, Helmholtz l'exécuta pour la première fois sur les nerfs moteurs de la grenouille, dans lesquels il trouva la vitesse de transmission égale à 100 pieds par seconde.

Plus tard, M. Helmholtz avait trouvé par une autre méthode, pour les nerfs sensitifs de l'homme, le double de cette vitesse, savoir 200 pieds par seconde. En contradiction avec ce résultat, les expériences que je fis en 1861, à l'occasion de mes recherches sur l'équation personnelle dans les observations astronomiques, m'avaient donné une vitesse (34 mètres par seconde) égale à la première détermination de Helmholtz faite sur la grenouille [1]. Depuis lors plusieurs auteurs, et dernièrement encore M. de Wittich ont publié des résultats assez différents, mais compris cependant à peu près dans les limites des valeurs indiquées par Helmholtz et moi. M. Donders voit l'explication de ces discordances dans le fait que la méthode employée, qui fait intervenir l'action

[1] Voir *Bulletin de la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel*, tome VI, p. 100, 1er cahier, 1862.

du cerveau, supposerait, à tort, que la durée de cette action est indépendante de l'endroit du corps, plus ou moins éloigné de la tête, dans lequel a lieu la sensation. Quoi qu'il en soit, en 1867, M. Baxt, en opérant d'après une méthode, indiquée encore par M. Helmholtz, et qui exclut l'intervention du cerveau, a trouvé pour la transmission dans les nerfs moteurs de l'homme, 33 mètres par seconde, c'est-à-dire, à un mètre près, la vitesse que j'avais obtenue pour les nerfs sensitifs. On peut donc envisager aujourd'hui cette vittesse de 33 mètres ou de 100 pieds environ par seconde, comme une donnée parfaitement établie pour la transmission dans tous les nerfs, moteurs ou sensitifs, des animaux à sang froid ou à sang chaud.

Mais quelle est la vitesse de perception pour les différentes sensations de l'ouïe, de la vue, du tact, et ensuite quelle est la durée des fonctions de l'organe central ?

A la première de ces questions, j'ai essayé de répondre déjà en 1861, et les résultats que j'ai obtenus alors pour le temps physiologique des différentes sensations ont été confirmées plus tard par plusieurs physiologistes, par M. Donders entre autres, qui donne comme résulat moyen de toutes les expériences faites

pour le tact $\frac{1}{7}$ de seconde,
pour l'ouïe $\frac{1}{6}$ »
pour la vue $\frac{1}{5}$ »

Mais ce temps physiologique, comme j'ai nommé l'intervalle entre l'excitation et le signal donné pour manifester sa perception, comprend un grand nombre, — M. Donders n'en énumère pas moins de douze, — d'actes et de fonctions diverses des organes des sens, des ganglions périphériques, des nerfs, du cerveau, des muscles, etc.,

qui toutes doivent s'accomplir dans cette petite fraction de seconde. Il s'agissait de séparer autant que possible ces différents actes, et il importait surtout d'arriver à fixer le temps employé par la fonction du cerveau, pour laquelle on ne connaissait qu'une limite maxima, $\frac{1}{10}$ de seconde environ, qu'on obtient en déduisant du temps physiologique total le temps employé par la transmission dans les nerfs sensitifs et moteurs. Mais quelle était la limite inférieure ?

M. Donders a eu l'heureuse idée d'intercaler dans la série des fonctions qui composent le temps physiologique, certains nouveaux termes d'ation purement psychique, et de déterminer le retard ainsi produit dans le temps physiologique; ce retard, qui est dû évidemment à l'intercalation du nouvel acte du cerveau, nous fait connaître la durée de ce dernier.

C'est là le principe aussi simple qu'il est ingénieux de la méthode de M. Donders. Avant d'exposer l'arrangement des expériences, nous allons en quelques mots décrire l'instrument au moyen duquel elles ont été exécutées, et qui est moins compliqué que son nom ne le ferait supposer.

Le *Noëmatachographe* [1] se compose d'un cylindre, assez semblable à celui du phonautographe, sur lequel le temps est enregistré au moyen d'un diapason qui fait 261 vibrations par seconde, lorsqu'on retire une petite tige de bois serrée entre ses branches, ou que l'on maintient en vibration par l'électromagnétisme, d'après le principe proposé par Helmholtz. Comme on peut

[1] Voir « Deux instruments pour la mesure du temps nécessaire pour les actes psychiques, » par F.-C. Donders. (*Archives Néerlandaises*, tome II, 1867.)

facilement subdiviser les vibrations en cinquièmes, on voit qu'on obtient les millièmes de seconde, ce qui est largement suffisant pour ces recherches. En prenant ainsi pour mesure du temps les vibrations d'un diapason dont on compte le nombre, sans s'inquiéter de leur longueur, on a l'avantage de ne pas devoir assurer au cylindre une rotation parfaitement régulière et de pouvoir, par conséquent, se passer d'un mouvement d'horlogerie en tournant le cylindre à la main.

A côté ou sur la courbe chronoscopique même s'enregistrent : d'abord automatiquement l'instant précis du phénomène qui doit produire la sensation, et ensuite, par l'individu en expérience, l'instant où il a conscience de l'impression qu'il reçoit ; l'intervalle entre ces deux instants, exprimé en nombres de vibrations, est précisément le temps physiologique. Les moyens d'enregistrement varient avec les différents moyens d'excitation. Lorsque ce moyen est fourni par un courant d'induction, qui produit un léger choc ou une piqûre dans une partie quelconque du corps, ou qui sert à éclairer subitement des lettres différentes, ou dont l'étincelle est observée au travers de verres colorés afin de produire la sensation de différentes couleurs, c'est ce même courant qui s'enregistre lui-même par l'étincelle, passant entre le style du diapason et le cylindre au travers du papier noirci, où il marque un petit trou dans la courbe des vibrations. L'observateur enregistre l'instant de sa perception, en fermant, au moyen d'un levier-clef, un courant qui met en mouvement un style et marque ainsi un point sur le cylindre ; pour éviter la cause d'erreur introduite ainsi par le temps variable que les électro-aimants mettent à attirer leur armature, M. Donders préfère un signal pu-

rement mécanique. La personne en observation, par un mouvement brusque de sa main, tourne de côté un bras horizontal attaché à une légère tige de bois verticale, dont l'extrémité supérieure porte un traçoir horizontal qui marque ainsi sur le cylindre l'instant où la tige a tourné sur son axe; en tenant la pièce horizontale entre deux doigts, on peut la tourner à volonté, soit à droite, soit à gauche, et donner ainsi deux signaux différents convenus pour deux sensations différentes.

Lorsqu'il s'agit de l'ouïe, le son produit, soit par un ressort frappé par une goupille faisant saillie sur le cylindre, soit par un diapason mis subitement en vibration, soit enfin par la voix humaine, est enregistré par le phonautographe ou par un stéthoscope de König modifié, sur lequel est tendue une membrane élastique et qui communique par deux tubes de caoutchouc avec deux embouchures. L'une de ces embouchures sert à transmettre le son qui doit être perçu; par l'autre, l'observateur reproduit le son entendu, de sorte que le phonautographe enregistre les deux sons sur la même ligne, au-dessous de la ligne chronoscopique du diapason. En réagissant sur la même excitation, alternativement par le mouvement de la main et par la voix, on peut déterminer et éliminer la différence de temps provenant de ces deux genres de signaux.

Après cette explication de l'appareil employé, on comprendra facilement l'arrangement des différentes expériences au moyen desquelles M. Donders a réussi à mesurer certains actes psychiques élémentaires. La méthode revient toujours à ceci : on mesure le temps physiologique d'une sensation quelconque du tact, de la vue et de l'ouïe; et ensuite on mesure ce même temps physio-

logique en obligeant l'observateur à distinguer entre deux sensations du même genre, par exemple, entre deux couleurs ou entre deux sons différents, et à signaler sa sensation par deux signaux différents, suivant la couleur, le son, etc., qu'il a reconnu.

Nous allons maintenant décrire sommairement les expériences principales.

Il s'agissait d'abord de trouver le temps nécessaire pour discerner deux sensations de tact, et pour exprimer cette distinction par deux signaux différents. Pour cela on plaçait, sur les deux pieds de l'observateur deux électrodes identiques, et, au moyen d'un permutateur de Pohl, on donnait une légère secousse électrique, soit au pied gauche, soit au pied droit; c'était toujours avec la main du même côté que l'observateur devait signaler la perception. Maintenant on faisait l'expérience successivement dans les deux conditions suivantes : ou bien l'observateur savait d'avance le pied qui serait frappé, de sorte qu'il donnait le signal, sans avoir besoin de réfléchir, à l'instant où il sentait la piqûre, ou bien il ignorait de quel côté l'excitation aurait lieu. Dans le dernier cas, le temps physiologique était plus long, en moyenne de $\frac{1}{15}$ de seconde; et c'est là, évidemment, le temps nécessaire pour que l'observateur se rende compte quel était le côté frappé, et, pour coordonner avec cette idée l'acte de volonté de donner le signal avec la main correspondante[1].

[1] Pour caractériser le soin avec lequel ces expériences ont été conduites, nous mentionnerons qu'on avait constaté auparavant qu'un signal donné à la main gauche était de $0^s,009$ en retard sur un signal donné à la main droite, et qu'on a tenu compte de cette différence.

D'une manière analogue, M. Donders ajouta à la sensation de la vue une alternative de perception et de volonté, en demandant à l'observateur de donner le signal de la main droite, lorsqu'il voyait un objet éclairé subitement par la lumière rouge, et de la main gauche, lorsqu'il fut éclairé par de la lumière blanche. L'acte psychique, ainsi ajouté, prolongea le temps physiologique de la perception d'une lumière quelconque, en moyenne de $0^s,154$. — Un résultat semblable fut obtenu, lorsque la personne en expérience devait prononcer la lettre qu'on lui faisait voir subitement; si l'alternative n'était qu'entre deux lettres, entre le *a* et le *i*, par exemple, le temps de l'acte psychique était de $0^s,166$, calculé par les moyennes, et $0^s,124$, calculé par les minima [1]; s'il fallait, au

[1] M. Donders attribue pour ces recherches, non sans raison, une grande importance aux minima donnés par les expériences, parce qu'il est prouvé que la distraction prolonge singulièrement le temps physiologique et que l'exercice peut le diminuer jusqu'à un certain point. Dans ces circonstances, M. Donders croit devoir envisager les valeurs minima comme représentant le phénomène dans sa plus grande pureté, pour ainsi dire le temps psychique normal. Cependant, d'un autre côté, il faut reconnaître, ce que j'ai prouvé dans mes recherches sur l'équation personnelle dans les observations astronomiques, que le temps physiologique est réellement variable dans certaines limites, même pour des observateurs aguerris. Les meilleurs observateurs ne sont pas ceux dont la correction est la plus petite, mais ceux pour lesquels elle est la plus constante, et l'exercice a moins pour effet de diminuer le temps physiologique que de le rendre plus constant. Pour un observateur exercé, les minima doivent donc être envisagés comme des valeurs aussi exceptionnelles, aussi anormales que les maxima; et ici, comme pour toutes les observations de phénomènes variables, ce sont les moyennes d'un grand nombre d'observations qui représentent le mieux le phénomène dans son état normal. Dans ces expériences physiologiques, en outre, les minima offrent le danger que, par suite d'une tension trop grande de l'attention, le signal part trop tôt, pour ainsi dire involontairement, et quelquefois

contraire, distinguer entre 5 voyelles, le temps était un peu plus long : 0s,170 d'après les moyennes, et 0s,163 d'après les minima.

Enfin on arrangeait des expériences analogues pour le temps physiologique de l'ouïe, en faisant entendre une voyelle que l'observateur doit répéter aussitôt qu'il en a connaissance ; comme nous l'avons dit, les deux sons s'inscrivent eux-mêmes sur la même ligne du phonauthographe au-dessous de la ligne chronoscopique. Ici encore on modifiait l'expérience, tantôt en faisant connaître d'avance la voyelle qu'on entendrait et que l'observateur devait répéter aussitôt entendue ; tantôt en laissant l'observateur dans l'incertitude sur la voyelle qu'il entendrait, de sorte qu'il devait se rendre compte de sa nature pour la reproduire ensuite. — Lorsqu'il ne fallait distinguer qu'entre deux voyelles, le temps psychique était 0s,056, d'après les moyennes, et 0s,062, d'après les minima ; et, lorsqu'il s'agissait de distinguer entre cinq voyelles, ce temps était 0s,086, d'après les moyennes, et 0s,067, d'après les minima.

Voici le tableau des temps psychiques obtenus par les moyennes dans ces différentes expériences :

même par anticipation; dans ce cas la valeur est naturellement fausse. Aussi M. Donders se rend bien compte de l'erreur dans laquelle on tomberait par une importance trop grande donnée aux minima, et il n'a jamais manqué de calculer les moyennes.

	Temps psychique.
1. *Expériences de tact :*	
Alternative : irritation de la peau au pied gauche ou droit.	0s,066
2. *Expériences de vue :*	
a) *Alternative entre deux couleurs :*	
Cinq peronnes ont donné : 0,184	
0,122	
0,159	
0,134	
0,172	
Moyenne	0s,154
b) *Alternative entre deux lettres vues*	0s,166
c) *Alternative entre cinq lettres vues*	0s,170
3. *Expériences d'ouïe :*	
a) *Alternative entre deux voyelles entendues*	0s,056
b) *Alternative entre cinq voyelles entendues :*	
1re série observée par M. Donders. 0,088	
2me série observée plus tard par M. Donders 0,083	
Séries observées par quatre autres personnes 0,088	
» » 0,069	
» » 0,087	
» » 0,088	
Moyenne	0s,084

Ces nombres donnent lieu à des rapprochements et explications très-intéressants dont l'exposition nous mènerait trop loin. Nous dirons seulement que M. Donders explique la durée beaucoup plus longue du temps psychique, lorsqu'il s'agit de distinguer deux couleurs que lorsqu'il faut se rendre compte de deux sons, essentiellement parce que, dans le premier cas, on donnait un signal artificiel à la main, ce qui exige beaucoup plus d'exercice et, en général plus de temps que la simple imitation d'un son entendu. M. Donders a même trouvé que le signal qui consiste dans la prononciation de la

seule voyelle *i* coûte moins de temps que lorsqu'on prononce les syllabes *pi, ti, ki;* le retard causé par la consonne *p* est de $0^s,011$,

t » $0^s,022$,

k » $0^s,021$.

M. Donders croit donc qu'avec l'exercice voulu la réaction sur deux couleurs ou impressions lumineuses se ferait dans le même temps que celle sur deux sons entendus. Il n'en est plus de même de ce fait curieux qu'il faut à la vue presque trois fois plus de temps pour distinguer deux lettres qu'il n'en faut à l'ouïe pour distinguer deux voyelles, lors même qu'on signale de la même manière la lettre reconnue, et bien que nous soyons généralement au moins aussi exercés à prononcer des lettres vues qu'à répéter des lettres entendues. M. Donders attribue cette différence essentiellement à ce que la complication des procédés physiologiques sur lesquels repose l'impression *d'une forme* sur la rétine, est beaucoup plus grande que celle qui accompagne la sensation d'une voyelle dans l'oreille.

Enfin, M. Donders a même essayé avec succès de séparer le temps nécessaire pour la distinction d'une alternative de celui employé à l'acte de volonté correspondant. Le moyen est de nouveau très-simple: on a arrangé l'expérience de façon à ce que l'observateur ne doit réagir que sur une seule des voyelles, parmi plusieurs auxquelles il doit s'attendre (par exemple sur le *i*), en négligeant tous les autres. Dans ce cas, l'attention est tendue sur la perception du *i;* la bouche et tout l'appareil respiratoire sont disposés pour prononcer le *i*, l'individu n'a qu'à pousser l'haleine aussitôt qu'il reconnaît avoir

entendu la voyelle *i*, tout à fait comme dans le cas où il sait d'avance qu'on le prononcerait; il n'intervient donc plus un acte de volonté, mais on intercale seulement l'acte de la distinction du *i* parmi toutes les voyelles qu'on aurait pu prononcer. En effet, dans cette disposition le temps psychique a été trouvé plus court que lorsque les deux fonctions du cerveau interviennent à la fois.

Voici les résultats que M. Donders a trouvés sur lui-même par trois séries d'expériences faites le même soir, et disposées de façon à éliminer l'effet possible de la fatigue :

	En moyenne.	Au minimum.
a) Pour la réaction *sur un son connu d'avance*, il fallait	$0^s,201$	$0^s,170$
b) Pour la réaction *sur plusieurs sons non connus d'avance*, il fallait	$0^s,284$	$0^s,237$
c) Pour la réaction *sur un seul des sons non connus d'avance*, il fallait	$0^s,237$	$0^s,212$

De là on tire :

	Par les moyennes.	Par les minima.	En moyenne.
b-a = Temps psychique employé pour distinction + volition	$=0^s,083$	$0^s,067$	$0^s,075$
c-a = Temps psychique employé pour la distinction seule	$=0^s,036$	$0^s,042$	$0^s,039$
b-c = Temps psychique employé pour la volition seule	$=0^s,047$	$0^s,025$	$0^s,036$

Il fallait donc à M. Donders un peu moins de temps ($\frac{1}{28}$ de seconde) pour l'acte de volonté que pour l'acte de distinction ($\frac{1}{25}$ de seconde).

M. Donders a arrangé des expériences analogues en se servant de lettres vues et non pas entendues, et il a trouvé que la distinction seule d'une lettre vue (dans la

combinaison *c*) n'exige pas sensiblement plus de temps que pour le son entendu, tandis qu'on se rappelle que le temps psychique total est beaucoup plus considérable dans le premier cas. M. Donders explique cette rapidité plus grande de distinction dans la combinaison *c*, parce que dans ce cas l'observateur, ne devant réagir que sur une seule lettre (*i*), avait déjà l'image de cette lettre présente à l'esprit. Déjà auparavant le savant oculiste avait reconnu, dans ses recherches sur la vue stéréoscopique, la grande influence exercée sur la distinction des formes par l'image préconçue.

Dans le but d'analyser encore davantage la durée des actes psychiques, et surtout pour mesurer le temps nécessaire pour une pensée simple ou abstraite, comme celle de la priorité entre deux sensations presque simultanées, M. Donders a construit encore un autre instrument qu'il nomme *noëmatachomètre*. Cet instrument se compose d'une pièce prismatique, supportant un fer à cheval, et suspendu à un fil derrière une planche verticale, munie d'une petite ouverture. Lorsqu'on brûle le fil, le prisme dans sa chute ouvre sans bruit, en déplaçant un petit levier en liége, un courant dont on voit l'étincelle ; un instant avant ou après il perd son fer à cheval, arrêté sur deux verges de cuivre, en produisant un choc qu'on entend. Comme la partie où repose le fer à cheval et la pointe qui met le levier en mouvement sont mobiles, on peut régler avec une précision parfaite l'intervalle qui s'écoulera entre la production du choc et celle de l'étincelle, et par conséquent on peut mesurer le temps nécessaire pour que l'esprit soit capable de décider quel est celui des deux qui s'est produit le premier.

M. Donders promet de publier prochainement les résultats obtenus par cet appareil. La riche moisson de faits importants et précis que M. Donders a su tirer du noëmatachographe nous fait attendre avec un vif intérêt les mesures que lui aura données le noëmatachomètre.

Certes, depuis les grandes découvertes de Du Bois-Reymond, qui révélèrent le rapport étroit entre l'action nerveuse et certains phénomènes électriques, aucune tentative de pénétrer dans les relations encore mystérieuses entre les phénomènes psychiques et les fonctions du cerveau n'a eu plus de succès et plus d'importance que les mesures, exécutées par M. Donders, du temps employé aux actes psychiques élémentaires.

D^r^ Ad. Hirsch.

NOTE

SUR

L'ADHÉRENCE DE L'HYDROGÈNE AUX MÉTAUX

PAR

M. le Professeur A. de la RIVE.

Je viens de lire dans le numéro du 22 février 1869 des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* une note de M. d'Almeida dont la conclusion, appuyée d'expériences, est que la propriété singulière dont jouit le zinc amalgamé de n'être pas attaqué par l'acide sulfurique étendu d'eau, est due à l'adhérence de l'hydrogène sur la lame plongée dans la solution acide.

Or c'est précisément l'explication que j'avais donnée de ce phénomène en l'appuyant snr de nombreuses expériences dans un mémoire publié en 1843 dans les *Archives de l'Électricité,* et dont un extrait avait paru dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* de la même année. Voici la reproduction textuelle du passage de mon mémoire relatif à cette question [1].

« . . . . . L'adhérence de l'hydrogène à l'électrode de platine m'a fait présumer que c'est également à l'adhérence de ce gaz qu'on doit attribuer l'absence presque absolue d'action chimique qu'éprouve une lame de zinc amalgamée ou une lame de cadmium plongée dans l'acide sulfurique étendu quand elle est isolée. Or l'action chi-

[1] *Archives de l'Électricité,* tome III, p. 161 (année 1843).

mique a lieu au premier instant de l'immersion, mais les bulles d'hydrogène qui se dégagent forment une couche mince adhérente à la surface des métaux qui protége cette surface contre toute action chimique ultérieure.

« Pour prouver que les choses se passent ainsi, j'ai placé sous la cloche de la pompe pneumatique, tantôt un morceau de zinc amalgamé, tantôt un morceau de cadmium, plongés dans de l'eau distillée qui renfermait un vingtième d'acide sulfurique en volume. Aussitôt que le vide a été opéré, on a vu des bulles se dégager avec abondance de la surface de l'un et l'autre métal, et une action chimique très-vive a eu lieu. Dès qu'on rendait l'air, les bulles de gaz encore adhérentes aux métaux s'applatissaient immédiatement, la surface métallique prenait un aspect mat dû à la couche de gaz, et l'action chimique cessait tout à fait ou perdait beaucoup de sa vivacité. Deux lames de cadmium ayant été plongées dans de l'eau acidulée, l'une dans le vide, l'autre dans l'air ; la première avait perdu en poids huit centigrammes et la seconde trois seulement au bout de vingt-quatre heures ; elles pesaient l'une et l'autre 20 grammes à l'origine, et présentaient la même surface à l'action chimique du liquide.

« Ainsi la pression atmosphérique, en facilitant l'adhérence de l'hydrogène aux surfaces métalliques, peut être un obstacle à la continuation de certaines actions chimiques qui n'ont lieu que dans les premiers instants. Ce point de vue serait peut-être intéressant à suivre dans d'autres cas d'action chimique. »

Voilà comme je m'exprimais en 1843. Dès lors les expériences très-intéressantes de M. Cailletet (*Comptes ren-*

dus de l'Académie des Sciences du 15 février 1869) sur la cessation de l'action chimique sous d'énormes pressions sont venues confirmer ce que je disais en 1843; car je suis bien convaincu, conformément à l'opinion de M. Berthelot, que c'est à l'adhérence d'une couche d'hydrogène sur la surface des métaux attaquables, du zinc du commerce en particulier, que ces métaux doivent de n'être plus attaqués par les acides dans lesquels ils ont plongés, lorsqu'en empêchant dès l'origine l'hydrogène de s'échapper, on parvient à obtenir une pression qui va jusqu'à 180 atmosphères. Il est facile de se représenter la force avec laquelle l'hydrogène doit adhérer au métal sous cette pression et l'impossibilité qu'il y a à l'en détacher même par une violente agitation.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE. DE LA TEMPÉRATURE DES FLAMMES ET DE SES RELATIONS AVEC LA PRESSION. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome LXVII, p. 1089 [1].)

Il est impossible de n'être pas frappé vivement des conséquences si nombreuses que l'on peut tirer des expériences publiées dans ces derniers temps par M. Frankland et qu'il a résumées dans un article des *Comptes rendus* du 12 octobre dernier (t. LXVII, p. 736). Je demanderai à l'Académie la permission de développer ici quelques idées que m'a suggérées ce magnifique travail, et d'exposer un plan d'études commencées déjà depuis longtemps dans mon laboratoire, et dont les faits nouveaux découverts par l'illustre chimiste anglais changent un peu la direction.

M. Frankland, pour rappeler en un mot ses principales expériences, démontre que plus on élève la pression d'un dard de chalumeau à gaz oxygène et hydrogène brûlant dans une atmosphère comprimée, plus cette flamme, qui est à peine visible dans les circonstances ordinaires de la pression, de-

[1] Nous reproduisons la note de M. Deville qui renferme un résumé très-bien fait des expériences de M. Frankland, en la faisant suivre de recherches plus récentes de M. Frankland lui-même. Le laboratoire à parois de fer dont parle M. Deville est en voie de construction et va être complétement installé très-prochainement. Nous aurons soin de rendre compte, dès qu'elles seront achevées, des expériences intéressantes qui vont être faites dans ce laboratoire d'un nouveau genre où l'on opérera dans un air soumis à la pression de trois atmosphères.
(R.)

vient brillante et éclairante[1]. C'est à ce point qu'à une haute pression on obtient une flamme dont l'intensité est compaparable à celle d'une bougie. Ce fait seul suffit pour montrer l'importance de pareils résultats, qu'on peut dire aussi imprévus qu'ils sont nettement et clairement établis.

M. Frankland cherche la meilleure explication à donner à ce grand fait, et il la trouve dans l'augmentation seule de la densité qui accompagne nécessairement la compression des gaz. Il en tire aussi des conclusions qui semblent devoir infirmer les idées classiques apportées dans la science par sir Humphry Davy, et qui enlèvent à la théorie de la flamme une base qui a toujours paru inébranlable. J'avoue que sur ce dernier point je ne partage pas les idées du Docteur Frankland, et je fonde mon opinion sur certains faits encore mal analysés et que je décrirai bientôt, si je réussis à leur donner la forme démonstrative qui leur manque et que dans l'état actuel de la science il faut imprimer à toutes nos spéculations.

Je n'attaquerai pas avec la même fermeté les questions relatives à l'influence de la densité sur le pouvoir éclairant des flammes : j'aime mieux développer ici une idée que je trouve en germe dans les derniers alinéas de la communication de M. Frankland. Notre confrère explique le manque de pouvoir éclairant dans la flamme du phosphore brûlant dans le chlore en s'appuyant sur la faible élévation de température qu'une combustion accompagnée d'un aussi faible dégagement de chaleur doit évidemment provoquer. Je crois que là est la vraie, la seule raison.

[1] Pour qu'une flamme soit *brillante*, il suffit que les rayons qui en émanent, fussent-ils simples et appartenant à une lumière monochromatique, possèdent une grande intensité. Pour qu'une flamme soit *éclairante*, dans l'acception ordinaire de ce mot, il faut qu'elle possède presque tous les rayons du spectre solaire ; il faut qu'elle soit blanche ou qu'elle le soit le plus possible, en se rapprochant de la lumière du soleil.

Cherchons d'abord quelle est la condition principale que doit remplir une flamme pour être éclairante. Si l'on prend une flamme obscure et chaude, comme celle d'un brûleur de Bunsen, et qu'on y introduise du sel marin, chacun sait que l'on obtient une lumière peu intense, monochromatique, parce que le prisme ne l'étale pas en spectre et n'y fait apparaître qu'une raie brillante. Mais augmentons la température de cette flamme en y ajoutant, par exemple, de l'oxygène, et immédiatement l'éclat s'avive, le nombre des raies se multiplie, et par conséquent on approche d'un spectre complet. Les expériences de M. Fizeau et de MM. Wolf et Diacon sont, à ce point de vue, d'une netteté remarquable. Mais employons l'appareil de M. Debray, qui permet de développer, pour s'en servir dans les expériences spectroscopiques, une température de 2500 degrés environ, par conséquent extrêmement élevée. Dans cette flamme, le spectre du sodium s'étale et se complète; on peut admettre alors que le grand nombre de raies brillantes que ce spectre contient se confondent pour former un tout qui semble continu. On fait une observation du même genre quand on fait brûler de grandes masses de sodium à l'air ou dans l'oxygène, ou quand on enflamme du lithium; la flamme du sodium, qui est ordinairement monochromatique et jaune, celle du lithium, qui est ordinairement rouge, deviennent toutes les deux blanches; elles contiennent alors tous les rayons ou, si l'on veut, toutes les raies brillantes de toute réfrangibilité. Elles deviennent donc éclairantes quand le métal brûle à haute température.

Cette observation est encore exacte même pour les rayons invisibles, pour les rayons chimiques des flammes dont les raies se pressent et se multiplient dans le spectre au fur et à mesure qu'on emploie pour les produire des sources lumineuses à température plus élevée. C'est là une observation capitale, due à M. Mascart. Ainsi, le nombre des raies s'accroît à mesure que la température s'élève dans les flammes

qui les produisent, et quand cette température a atteint une certaine intensité, ces raies se confondent pour donner un spectre continu. Alors la flamme devient nécessairement blanche, brillante et éclairante.

C'est un fait du même genre qui se produit dans l'expérience de M. Frankland. Les raies augmentent en nombre et en intensité dans la flamme de l'hydrogène à mesure que la pression exercée sur le mélange tonnant en dehors et en dedans du chalumeau va elle-même en augmentant. Que faut-il en conclure de plus rationnel, sinon que la température elle-même augmente dans la flamme à mesure que la pression augmente? C'est là un fait capital dont la démonstration pourrait paraître suffisante; mais il est plein de conséquences tellement importantes, que des vérifications directes doivent encore être exigées. Je reviendrai plus loin sur ces conséquences et sur les procédés de vérification que je compte employer ; mais je désire montrer tout de suite que ces considérations, tirées de l'analyse spectrale, expliquent très-bien le fait du pouvoir éclairant considérable de l'hydrogène arsénié, pouvoir que la théorie de Davy, qui, je crois, est incomplète à ce point de vue, ne peut expliquer par la présence supposée d'un corps solide dans la flamme. Il est bien évident que les gaz, en brûlant, donnent des raies. Si ces raies sont brillantes et nombreuses par des raisons tenant à la nature même des substances observées, il est clair que la flamme de ces gaz sera brillante et d'autant plus éclairante que leur spectre contiendra des raies de réfrangibilités plus différentes. C'est là un phénomène appartenant à l'arsenic en vapeur contenu dans la flamme de l'hydrogène arséniqué, et il me semble qu'il est inutile de faire intervenir, pour expliquer un fait, la considération des densités, compromise d'ailleurs par l'objection trouvée par le D[r] Frankland lui-même à propos de la flamme du phosphore brûlant dans le chlore.

Ainsi le pouvoir éclairant d'une flamme entièrement gazeuse est une propriété spécifique qui se rattache à la pro-

duction des raies fournies par les matières qu'elle contient : il est aussi inexplicable que les propriétés spécifiques des corps eux-mêmes, la densité, la couleur, etc. D'ailleurs, l'idée de M. Frankland relative à la production dans les flammes ordinaires d'hydrogène carboné très-dense me semble difficile à appuyer sur l'expérience. On sait bien, en effet, que tous ces hydrogènes carbonés se dédoublent aux températures les plus basses en hydrogène et en charbon, hydrogéné c'est vrai, mais opaque [1]. Je crois donc que la théorie de Davy reste entière.

J'ai dit que si la flamme de l'hydrogène devient éclairante à haute pression, cela tient à ce que la température de la flamme s'accroît à mesure que la pression à laquelle se fait la combustion s'élève elle-même. Voyons maintenant les conséquences de ce fait, en le supposant bien établi.

M. Debray et moi nous avons démontré que la température de combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène était, à la pression ordinaire, de 2500 degrés. Nous avons déterminé ce point fixe en versant dans l'eau 1 kilogramme de platine fondu et porté à la température la plus élevée qu'on puisse fournir dans un four en chaux, et en nous servant de l'élévation de température de cette eau, de la chaleur spécifique du platine et de la loi de son accroissement, données par M. Pouillet, et de sa chaleur latente calculée par M. Person. Nous aurions désiré contrôler par un grand nombre d'é-

[1] J'ai démontré (*Leçons sur la Dissociation*, p. 317 : *Leçons de la Société chimique;* Paris, Hachette, 1866) que dans l'oxyde de carbone fortement chauffé il y avait dissociation du gaz avec production d'oxygène et d'un charbon jaune, pulvérulent et léger, auquel est due, suivant toute apparence, la teinte bleue de la flamme. M. Cailletet a observé qu'en aspirant et refroidissant brusquement les gaz à la tuyère d'un haut fourneau au moyen de mes tubes chaud et froid, ces gaz produits par un charbon, absolument dénué de parties volatiles, étaient rendus presque opaques par une sorte de brouillard épais et brunâtre qui, au bout d'un temps très-long, se résout en un dépôt noir-jaunâtre de charbon extrêmement divisé.

preuves un résultat aussi important et le fixer, autant que le permettaient les données du calcul, d'une manière incontestable. Pour cela il fallait employer de grandes masses de platine et se mettre à l'abri d'accidents très-graves, d'explosions terribles dont nous avons manqué d'être victimes. Nous nous préoccupions vivement de la solution de cette question lorsque M. Bunsen publia son beau Mémoire sur les températures de combustion [1]. L'excellence de la méthode inventée par le grand physicien d'Heidelberg nous dispensait de recourir de nouveau à un procédé pénible et dangereux, d'autant plus que les nombres obtenus par M. Bunsen sont en accord le plus parfait avec les nôtres. M. Bunsen donne 2800 degrés comme la température de combinaison des deux gaz purifiés et introduits à l'état de siccité absolue dans son eudiomètre à soupape. En tenant compte de l'humidité des gaz employés dans nos expériences et de l'azote introduit dans nos gazomètres par l'eau servant à déplacer les gaz, on arrive à un nombre très-voisin de 2800 degrés que j'adopte désormais comme la vraie température correspondant à ce phénomène.

En adoptant le nombre 2500 degrés, j'arrivais à la fraction 0,44 [2] pour représenter la portion des gaz qui se combinent réellement au moment où, la chaleur du mélange étant maximum, la dissociation de l'eau correspondant à cette température met obstacle à l'union complète de ses éléments. En adoptant le nouveau nombre 2800 degrés, on voit que la partie combinée ou non dissociée de la flamme d'hydrogène et d'oxygène est réellement 0,50 ou moitié de la masse totale.

L'eudiomètre à soupape a permis en outre à M. Bunsen de rechercher la température de combustion lorsque la pression totale des gaz oxygène et hydrogène est diminuée et portée

[1] Voyez *Annales de Poggendorff*, tome CXXXI, p. 161.

[2] Voyez *Leçons de la Société chimique* (*de la Dissociation*), p. 290; Paris, Hachette, 1866.

au-dessous de la pression atmosphérique. Il suffit pour cela d'ajouter au mélange tonnant une certaine quantité de gaz inerte. Alors M. Bunsen a vu décroître rapidement cette température au fur et à mesure qu'il faisait décroître la tension partielle des gaz tonnants. Par conséquent la quantité de matière dissociée ou la tension de dissociation de l'eau dans la flamme va en décroissant avec la température.

Qu'arrive-t-il maintenant si l'on cherche la température de combinaison à une pression plus élevée que la pression atmosphérique? Les expériences de M. Frankland le montrent manifestement.

Mais, pour acquérir à ce sujet une certitude absolue, il faut une vérification éclatante qu'on pourra obtenir soit en fondant du platine dans une atmosphère artificiellement condensée, soit en y répétant les expériences de M. Bunsen avec l'eudiomètre à soupape.

Ce sont ces expériences que je vais commencer en les effectuant dans un laboratoire à parois de fer susceptibles de résister à une pression de trois atmosphères au moins, pression que l'expérience du pont de Kehl nous montre comme absolument inoffensive pour l'homme.

On comprendra tout de suite les conséquences pratiques qui pourront découler d'une série d'expériences faites sous pression avec les combustibles communément employés. Elles conduisent immédiatement à l'essai de foyers alimentés d'air forcé sous une pression égale à la pression de la vapeur dans le générateur. Ces foyers, surtout s'ils sont alimentés avec des huiles minérales dont on commence déjà à préconiser l'emploi et qui ne laissent aucun résidu après leur combustion, ces chaudières, où les produits de la combustion comprimés à cinq atmosphères, par exemple, se mouvraient à travers les tubes avec une vitesse cinq fois moindre que dans nos appareils actuels, permettraient sans doute de diminuer considérablement la surface de chauffe. C'est à cause de l'intérêt que des recherches de cette nature peuvent

avoir en fournissant aux ingénieurs de la Marine les données nécessaires pour en calculer les résultats, que l'Empereur a bien voulu ordonner que des expériences fussent faites dans le laboratoire de l'Ecole normale. Là une grande chambre cylindrique en fer, susceptible de contenir l'opérateur et ses appareils et de supporter une pression considérable d'air fourni par une pompe à vapeur, constituera un laboratoire où toutes les manipulations nécessaires à la détermination des températures produites par les flammes et les combustibles solides pourront s'effectuer sans danger.

Si, comme c'est déjà presque démontré par ce que je viens de dire et par toutes les observations faites par les ingénieurs et les médecins dans les chambres à air comprimé, si la température de combustion s'y élève en même temps que la pression s'accroît, ce cera une analogie de plus à ajouter à celles que j'ai signalées en si grand nombre entre les phénomènes de combinaison et de décomposition d'une part, et les phénomènes de condensation des vapeurs et de volatilisation d'autre part.

En effet, on peut appeler *température maxima de condensation de la vapeur* ce que l'on désigne improprement sous le nom de *point d'ébullition d'un liquide*. Cette température n'est pas autre que celle à partir de laquelle une vapeur ne se condense plus à la surface d'un thermomètre froid et qui s'échauffe uniquement au moyen de la chaleur latente à lui cédée par la vapeur au milieu de laquelle il est plongé. Le point d'ébullition, ou température de condensation, s'élève, on le sait, quand on augmente la pression au-dessus du liquide qui produit la vapeur.

Le phénomène est plus complexe en apparence, mais parfaitement corrélatif à l'acte de la condensation des vapeurs, lorsqu'on considère la combinaison des corps, et en particulier de l'oxygène et de l'hydrogène, dans le chalumeau à gaz tonnants.

En admettant que la température de combinaison de l'hy-

drogène et de l'oxygène soit de 2800 degrés, la quantité d'eau formée à la pression de 760 millimètres sera dans la flamme, au point le plus ardent [1],

$$\frac{637+(2{,}800=100)\ 0{,}475}{3{,}833}=0{,}5,$$

c'est-à-dire qu'une moitié seulement de l'oxygène et de l'hydrogène seront combinés à la pression de 760 millimètres.

Mais, si nous augmentons la pression, la température de la flamme augmentant aussi, on voit, d'après la formule précédente, que la proportion de matière combinée ou de vapeur d'eau formée ira en croissant au fur et à mesure que la pression augmentera; exactement comme la tension d'une vapeur saturée augmente au fur et à mesure qu'on augmente la température. Enfin la température de combinaison d'un mélange gazeux, comme la température maxima de de condensation (ou point d'ébullition) d'une vapeur augmente avec la pression.

La matière combinée dans la flamme joue le même rôle que la matière condensée dans une enceinte pleine de vapeur dont on fait varier la température et la pression, de manière que la vapeur soit toujours saturée.

Il est clair, d'après cela, que la quantité de matière non combinée ou dissociée dans la flamme diminue en même temps que la pression augmente. On peut donc supposer qu'il y a une pression où un mélange d'hydrogène et d'oxygène produirait, en se combinant, cette inimaginable température de 6,800 degrés qui correspond à une combinaison totale. Mais il n'est pas plus possible de faire à cet égard d'hypothèse sérieuse que de demander s'il y a une pression à laquelle l'eau ne pourrait plus entrer en ébullition, quelle que fût la température qu'on lui appliquât.

[1] Voyez *Leçons de Chimie professées en 1864 et 1865 devant la Société chimique*, p. 290 (*Leçons sur la Dissociation*). Hachette, 1866.

J'espère que l'Académie voudra bien m'excuser de lui avoir exposé si longuement un simple programme d'expériences en voie d'exécution. Mais elles seront longues et pénibles, et j'ai désiré m'assurer le droit de les poursuivre si un plus heureux que moi arrivait plus tôt au but que je veux atteindre. Si les considérations générales développées dans cette communication facilitaient aux savants la solution d'un problème que je pose pour la première fois, et que je cherche par des voies peut-être compliquées quoique rationnelles, je serais très-heureux d'avoir préparé le chemin.

Ed. Frankland et J.-N. Lockyer. Recherches sur les spectres gazeux dans leurs rapports avec l'étude de la constitution physique du Soleil. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome LXVIII, p. 420.)

1° Nous nous occupons, depuis quelque temps, de l'examen attentif du spectre de quelques gaz et de diverses vapeurs dans des conditions variées de pression et de température. Notre but, en faisant ces expériences, est de jeter une nouvelle lumière sur les découvertes qui ont été faites récemment relativement à la constitution physique du Soleil.

Quoique ces recherches soient loin d'être terminées, nous pensons qu'il est à propos de présenter à l'Académie quelques résultats bruts que nous avons déjà obtenus.

On se souvient que l'un de nous, dans une communication faite récemment à la Société Royale, a déjà établi les faits suivants :

I. Il y a une enveloppe continue autour du Soleil, et dans le spectre de cette enveloppe, que, pour rendre la description plus claire, on a nommé *la chromosphère*, la ligne de l'hydrogène qui correspond à la ligne verte F de Frauenhofer prend la forme d'un fer de flèche et s'élargit depuis la partie élevée jusqu'à la base de la chromosphère.

II. Ordinairement, dans une protubérance, la ligne F est presque de la même épaisseur que la ligne C.

III. Quelquefois, dans une protubérance, la ligne F est très-brillante et se gonfle de manière à présenter l'apparence d'un bulbe au-dessus de la chromosphère.

IV. La ligne F et la ligne C, dans la chromosphère, s'étentendent sur le spectre des régions subjacentes et intervertissent la ligne de Frauenhofer.

V. Il y a, près de D, une ligne, visible dans le spectre de la chromosphère, à laquelle ne correspond aucune ligne de Frauenhofer.

VI. Il y a beaucoup de lignes brillantes visibles dans le spectre solaire ordinaire, près des bords du Soleil.

VII. Une ligne nouvelle apparaît quelquefois dans la chromosphère.

2°. D'après ces résultats, il devenait d'une importance capitale :

I. D'étudier avec beaucoup de soin le spectre de l'hydrogène dans des conditions variées, dans le but de déterminer s'il existait une ligne dans l'orangé ;

II. De déterminer la cause de l'épaississement de la ligne F.

Nous n'avons pas réussi, jusqu'à présent, à déterminer aucune ligne à la place indiquée dans le spectre de l'hydrogène, près de la ligne D, mais nous n'avons pas encore complété toutes les expériences que nous nous proposions de faire.

Nous ferons remarquer, à propos de l'épaississement de la ligne F, que, dans le Mémoire de MM. Plücker et Hittorf, auquel nous faisions allusion dans la communication dont nous venons de parler, les phénomènes de l'expansion des lignes spectrales de l'hydrogène sont complétement établis, mais que la cause des phénomènes reste indéterminée.

Nous nous sommes convaincus que cette expansion est due à la pression, et ne dépend pas d'une manière appréciable de la température.

III. Ayant ainsi constaté que les phénomènes présentés par la ligne F dépendaient de la pression et indiquaient des pressions variables, nous étions en mesure de déterminer la pression atmosphérique sur une protubérance dans laquelle les lignes rouge et verte sont d'une largeur à à peu près égale, et sur la chromosphère à travers laquelle la ligne verte se dilate graduellement à mesure qu'on approche du soleil. Cela ne nous mettra-t-il pas à même de déterminer plus tard la température ?

Quant aux légères protubérances, nous sommes assurés que les milieux gazeux dont elles sont formées existent dans des conditions de ténuité *excessive*, et qu'à la surface la plus basse de la chromosphère elle-même, la pression est bien inférieure à celle de l'atmosphère de la Terre.

Les apparences globuleuses de la ligne F que nous avons mentionnées peuvent indiquer de violents courants convergents ou un foyer local de la chaleur, car il n'y a aucun doute que la chromosphère ne présente une activité des plus intenses.

IV. Revenons pour un moment au spectre de l'hydrogène. Nous avons déjà fait observer que certaines expériences n'ont pas encore été exécutées. Nous les avons ajournées à cause de ce fait, que la ligne brillante près de D n'a pas de correspondante parmi les lignes de Frauenhofer. Ce fait implique que, si la ligne est une ligne de l'hydrogène, l'absorption élective de la chromosphère est insuffisante pour intervertir le spectre.

Il faut se rappeler que la couche de gaz incandescent qui est traversée par les rayons lumineux le long du limbe du soleil, et dont la radiation nous donne le spectre de la chromosphère, est très-grande, comparée avec l'épaisseur de la chromosphère elle-même dans le sens du rayon. Cette épaisseur serait d'environ 200 000 milles près du limbe.

Quoiqu'il y ait une autre explication possible de l'absence d'inversion de la ligne D, nous réservons pour plus tard nos

remarques sur ce sujet (avec lequel la visibilité des protubérances sur le disque du Soleil est liée), après de nouvelles expériences.

V. Nous croyons que les faits mentionnés ici nous mènent nécessairement à diverses modifications importantes de la théorie reçue de la constitution physique de notre centre lumineux, théorie que nous devons à M. Kirchhoff, qui la fondait sur son examen du spectre solaire. Suivant cette hypothèse, la photosphère elle-même est solide ou liquide, et elle est environnée d'une atmosphère composée de gaz et de vapeurs des matières incandescentes dans la photosphère.

Au lieu de cette atmosphère composée, nous en trouvons une qui nous donne, en toute circonstance, simplement le spectre de l'hydrogène. Cependant elle n'est pas nécessairement composée d'hydrogène seul, et ce point attire surtout notre attention. La ténuité de cette atmosphère incandescente est telle, qu'il est extrêmement improbable qu'une atmosphère considérable, telle que la couronne avait paru l'indiquer, puisse exister en dehors de celle-ci. Cette opinion est fortifiée par le fait que les lignes brillantes de la chromosphère ne présentent aucune apparence d'absorption et que sa condition physique n'est pas celle de l'équilibre.

Quant à la photosphère elle-même, loin d'être une surface solide ou un océan liquide, il résulte de nos expériences et de nos observations qu'elle est nuageuse ou gazeuse, et peut-être l'une et l'autre. Les observations que nous avons faites chacun séparément ont montré :

I. Que la condition gazeuse de la photosphère est tout à fait conciliable avec son spectre continu : MM. de la Rüe Stewart et Lœwy ont aussi admis la possibilité de cette condition ;

II. Que le spectre de la photosphère contient des lignes brillantes quand on observe le limbe : ces lignes brillantes indiquent probablement une écorce extérieure gazeuse de la photosphère ;

III. Qu'une tache dans le Soleil est une région d'absorption particulière;

IV. Qu'il arrive parfois que des matières photosphériques paraissent être injectées dans la chromosphère.

Ces faits n'indiqueraient-ils pas que l'absorption, à laquelle sont dus les renversements du spectre et les lignes de Frauenhofer, se rencontre dans la photosphère elle-même ou extrêmement près d'elle, au lieu de se produire dans une atmosphère absorbante étendue extérieure? Et cette conclusion n'est-elle pas fortifiée, quand on considère que, s'il en était autrement, et d'après la théorie de Kirchhoff, les lignes brillantes, nouvellement découvertes dans le spectre solaire lui-même, devraient être renversées? Il n'en est cependant pas ainsi. Nous n'oublions pas que la radiation élective de la chromosphère n'indique pas nécessairement la totalité de l'absorption élective qu'elle peut exercer; mais nos expériences nous portent à croire que, si une quantité quelque peu considérable de vapeurs métalliques s'y trouvait, leur spectre brillant ne serait pas entièrement invisible dans toute l'étendue de la chromosphère.

A. Kundt. Ueber eine veränderte, etc. Sur une nouvelle construction de la machine électrique. (*Pogg. Ann.*, t. CXXXV, p. 484.)

L'auteur s'est proposé d'appliquer aux anciennes machines électriques les principes que MM. Holtz et Töpler ont mis, avec tant de succès, à la base de la construction de leurs machines à influence; il s'est efforcé de réaliser une disposition qui réunit les avantages des anciennes et des nouvelles machines, et de la sorte il est arrivé à faire de l'ancienne machine à frottement une machine à influence d'une construction plus simple.

Le rendement des anciennes machines est extrêmement

faible, et cela par diverses raisons. D'abord l'une des deux électricités s'écoule en pure perte dans le sol; de plus, une partie même de la positive doit aller se perdre dans les coussins, à cause de la répulsion qu'exercent l'une sur l'autre les deux quantités égales d'électricité de même nom produites sur les deux faces du plateau de verre; enfin, une fois arrivé entre les deux peignes, le plateau, non-seulement abandonne son électricité positive, mais encore se charge inversément d'électricité négative [1], laquelle devra tout d'abord être neutralisée par le frottement entre les coussins. La machine se crée de la sorte à elle-même une résistance, ce qui, du reste, est surabondamment prouvé par la faible quantité d'électricité que l'on en tire avec un travail mécanique cependant assez considérable.

Dans le but d'éviter cette dernière cause de perte que l'auteur a reconnu être la principale, il a fait subir diverses modifications à l'ancienne machine électrique, et voici la forme à laquelle il s'est arrêté.

Un plateau de verre, susceptible de tourner assez rapidement, frotte avec sa face postérieure contre un coussin enduit d'amalgame fixé tout à côté, sur un support isolant, en verre. Sur l'autre face se trouvent deux peignes en laiton, placés horizontalement, l'un vis-à-vis du coussin, l'autre à 180°, et reliés par des conducteurs métalliques mobiles formant circuit, absolument comme dans la machine de Holtz. Un morceau d'étoffe de soie recouvre la partie postérieure du plateau sur une surface d'un peu moins d'un quadrant à partir du coussin. Les supports sont en verre, ainsi que l'axe du plateau; la disposition générale est du reste la même que celle d'une machine de Holtz, dans laquelle le plateau fixe aurait été remplacé par un appareil de frottement.

En imprimant au moyen d'un système de poulie un mou-

[1] M. Holtz a observé en effet ce fait, qu'en promenant un peigne métallique au-dessus d'une surface isolante électrisée, on la charge d'électricité contraire. (*Poggend. Ann.*, tome CXXX, p. 128.)

vement de rotation un peu rapide au plateau, on obtient dans les conducteurs un courant continu, donnant des étincelles de 1 à 2 pouces au moins, et même de 5 $^1/_2$ pouces en employant de petites bouteilles de Leyde, semblables à celles que M. Poggendorff adapte à sa machine de Holtz.

La théorie est la suivante :

Par le frottement, la face postérieure s'électrise positivement. Quand la rotation a amené cette portion électrisée du plateau à 180° du coussin, l'électricité négative du peigne s'écoule sur la face antérieure du plateau, attirée par la positive de sa face postérieure, et le conducteur se chargera d'électricité positive. Par le fait de la propriété dont il a été question plus haut, la face antérieure se chargera même d'un excès d'électricité négative. A partir de là, le plateau est chargé, en arrière de positive, en avant de négative avec un excès de — E. Celle-ci, en arrivant devant le coussin, attire une quantité égale + E de positive qui se combine avec elle, et — E s'écoule dans le conducteur. C'est alors que commence le jeu proprement dit de la machine. Le coussin étant isolé, la négative résultant du frottement s'y accumule en grande quantité, et agit par influence sur le peigne qui est vis-à-vis, attirant son électricité positive sur la face antérieure du plateau. Cette positive de la face antérieure s'écoule à 180° de là dans le second peigne ; celle de la face postérieure agit comme il a été dit plus haut. Les mêmes phases se représentent ensuite à chaque tour.

Il semble cependant que la positive de la face postérieure doive agir aussi par influence, et cela en sens inverse de la négative du coussin, de manière à détruire son effet. L'auteur répond à cette objection par la considération que cette positive n'est point libre, mais qu'elle est neutralisée par la négative qui est sur la face antérieure. On peut dire aussi, en d'autres termes, que le plateau arrive devant le coussin chargé, en avant de négative, en arrière de positive, et qu'alors cette dernière se combine avec la négative du cous-

sin, tandis que la négative de la face antérieure, devenue libre par ce fait, s'écoule dans le conducteur.

L'étude que l'auteur a faite de la répartition de l'électricité dans sa machine a pleinement confirmé cette théorie.

L'on voit, de plus, que cette machine devra donner de l'électricité positive en excès, car, d'après ce qui a été dit plus haut, l'action est double au pôle positif, où les électricités des deux faces du plateau agissent dans le même sens. Cet excès de positive diminue la grandeur de l'étincelle; mais l'on pare à cet inconvénient en touchant fréquemment le pôle positif avec la main, de manière à faire écouler sur le sol cet excès d'électricité.

La disposition que nous venons de décrire ici se rapproche beaucoup de l'une des formes adoptées par M. Holtz pour ses machines à influence [1], en ayant cependant sur elle l'avantage de se charger d'elle-même, et d'être moins influencée par l'humidité ou d'autres circonstances extérieures.

Les modèles que M. Kundt a fait construire jusqu'ici avaient des plateaux de 20 pouces de diamètre, vernis à la gomme laque sur leur partie antérieure non sur leur face postérieure. L'auteur ne revendique, du reste, aucun droit de priorité, se considérant uniquement comme l'imitateur de MM. Holtz et Töpler, à qui revient tout l'honneur des nouveaux principes qui, grâce à eux, ont été introduits dans la construction des machines électriques. E. S.

A. Kundt. Ueber ein Maximum und Minimum-Manometer, etc. Sur un manomètre a maximum et a minimum pour la mesure des variations de pression dans l'intérieur des tuyaux sonores. (*Pogg. Ann.*, t. CXXXIV, p. 563.)

On se sert, pour mettre en évidence les mouvements de l'air dans l'intérieur d'un tuyau sonore et les variations de

[1] Voyez *Poggend. Ann.*, tome CXXX, planche IV, fig. 4.

sa pression, tantôt d'une petite membrane suivant le procédé de Hopkins, tantôt de poussière très-fine, comme l'a imaginé M. Kundt [1], tantôt de flammes comme dans l'appareil de König. Toutefois, l'on ne possédait pas de moyen de mesurer ces variations, que l'on croyait du reste très-faibles. L'auteur a inventé un appareil à l'aide duquel il a pu faire cette mesure, et qui lui a montré que la pression varie, au contraire, dans des limites assez étendues aux nœuds de vibration. Un manomètre ordinaire, introduit dans un tuyau sonore, n'indique nullement les variations de pression, parce que celles-ci s'accomplissent beaucoup trop rapidement pour pouvoir imprimer aucun mouvement au mercure ou à l'eau du manomètre. L'auteur a paré à cet inconvénient en interposant une soupape entre le manomètre et le tuyau. En effet, suivant que cette soupape s'ouvrira du côté du tuyau ou du côté opposé, elle ne transmettra au manomètre que la pression minima ou la pression maxima de la colonne d'air au point où elle se trouve. Cette soupape, devant être très-légère, consiste en une feuille très-mince de caoutchouc ou de papier de gutta-percha de 4^{mm} de largeur, tendue sur une fente de 1^{mm} de largeur environ et de 4^{mm} à 10^{mm} de longueur pratiquée dans une plaque en laiton, laquelle vient se fixer sur l'extrémité du tuyau sonore, s'il est fermé, ou dans une autre ouverture pratiquée dans les parois de ce même tuyau en un point quelconque dont on veut étudier la pression. Sur cette plaque vient ensuite se visser l'extrémité d'un manomètre à eau, ouvert.

L'appareil, ainsi disposé, ne donnera évidemment pas des indications parfaitement exactes, par le fait qu'une soupape ainsi construite ne peut pas être hermétique, et qu'ensuite une très-faible partie de la pression sera employée à l'ouvrir, quelque mobile qu'elle soit, et n'agira par conséquent pas

[1] Nouvelles figures acoustiques, etc.... *Pogg. Ann.*, tome CXXVII, page 497, et *Archives des Sciences physiques et naturelles*, 1867, tome XXVIII, p. 231.

sur le manomètre. Néanmoins, l'auteur a réussi à construire de la sorte des soupapes très-sensibles, qui lui ont donné des résultats très-satisfaisants. C'est ainsi qu'en adaptant son *manomètre à soupape* à l'extrémité d'un tuyau d'un peu plus de 1 pied de long, il a mesuré des variations de pression de $^1/_{16}$ d'atmosphère, c'est-à-dire fort supérieures à celles que l'on admettait généralement comme se produisant aux nœuds de vibration des tuyaux sonores.

Quand le tuyau a cessé de vibrer, la pression dans l'intérieur du manomètre redevient égale à la pression extérieure, parce que ces petites soupapes ne peuvent pas fermer hermétiquement; quelquefois cependant, quand la soupape est bien construite, elle se maintient encore quelques minutes.

Pour la démonstration dans les cours, M. Kundt a fait construire un appareil consistant en trois manomètres semblables, dont l'un communique directement avec le tuyau, et les deux autres sont munis de soupapes s'ouvrant, l'une dans un sens, l'autre dans l'autre. La différence de niveau de ces deux derniers donne directement les limites entre lesquelles varie la pression dans l'intérieur du tuyau; le premier, au contraire, reste immobile. Parfois cependant celui-ci monte légèrement, ce qui doit tenir à une mauvaise construction de la hanche, laquelle laisse alors passer dans l'intérieur du tuyau le courant d'air venant de la soufflerie.

Quand, au lieu de placer le manomètre à soupape à l'extrémité du tube, on le fixe sur une ouverture pratiquée sur un nœud de vibration intermédiaire, on observe des variations de pression moins considérables. Elles ne sont plus, en effet, que de $^1/_{60}$ à $^1/_{120}$ d'atmosphère.

Dans les ventres de vibration, le manomètre à soupape n'indique aucune variation de pression.

L'auteur pense qu'avec une construction plus parfaite et une sensibilité suffisante, cet appareil pourra servir à mesurer l'intensité du mouvement vibratoire d'une colonne d'air quelconque, libre ou emprisonnée dans un tuyau. Les

essais qu'il a faits pour manifester ces variations de pression à l'air libre, lorsqu'il se produit dans cet espace un son très-énergique, n'ont point abouti jusqu'ici; ce qu'il attribue à l'imperfection de ses appareils, car ces variations de pression doivent être très-sensibles. E. S.

Emile WARBURG. OBSERVATIONS AU SUJET DE L'INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR L'ÉLECTROLYSE. (*Pogg. Ann.*, t. CXXXV, p. 114 [1].)

L'on sait que dans l'électrolyse de l'acide sulfurique concentré l'on obtient presque uniquement du soufre au pôle négatif et presque point d'hydrogène. Geuther [2] a reconnu cependant qu'au début de l'opération il se forme bien uniquement de l'hydrogène et de l'oxygène, et que ce n'est que plus tard que commence le dépôt de soufre en se faisant attendre d'autant plus longtemps que la température à laquelle on opère est plus basse. L'auteur s'est proposé de mettre plus nettement en évidence le rôle que joue la température dans l'électrolyse de l'acide sulfurique.

L'on sait aussi qu'en ajoutant de l'eau à l'acide sulfurique concentré, on obtient une proportion de plus en plus considérable d'hydrogène au pôle négatif, jusqu'à ce qu'enfin il ne s'y dépose plus de soufre du tout. Or, l'auteur a trouvé qu'à des températures élevées l'acide sulfurique étendu se comporte dans le phénomène de l'électrolyse comme l'acide concentré.

Pour étudier cette influence de la température sur l'électrolyse de l'acide sulfurique étendu, l'auteur faisait passer le courant de sept éléments de Daniell au travers d'un voltamètre, maintenu constamment à la température ordinaire, et d'un *appareil de décomposition* dont on pouvait à volonté

[1] Les expériences ont été faites dans le laboratoire de M. G. Magnus, à Berlin.

[2] *Annalen der Chemie und Pharmacie*, tome CIX, p. 129.

élever la température; tous deux étaient remplis avec de l'acide sulfurique étendu (300 volumes d'acide concentré et pur avec 200 volumes d'eau). La quantité d'oxygène a toujours été la même dans le voltamètre et dans l'appareil de décomposition, quelle que fût la température à laquelle on avait élevé celui-ci, et soit que l'électrode positive plongeât directement dans le vase à décomposition, soit qu'elle plongeât dans un vase à côté, communiquant avec lui par un siphon, mais conservant la température ordinaire. En revanche, la proportion d'hydrogène a varié considérablement avec la température :

1° L'électrode négative de l'appareil de décomposition consistant en une feuille de platine platiné, l'auteur obtint encore la même quantité d'hydrogène aux deux pôles négatifs après avoir élevé la température de l'appareil de décomposition jusqu'à 80° C.; mais, à partir de cette température, il commença à se former un dépôt de soufre sur la feuille de platine, et le gaz dégagé avait l'odeur d'hydrogène sulfuré ; à 90° il n'avait plus que du soufre, qui donnait à la liqueur une apparence laiteuse.

2° Une feuille de platine polie servant d'électrode négative, il s'y dégageait encore à 130° autant d'hydrogène que dans le voltamètre, mais à 140° l'on n'avait plus que du soufre.

3° Il en fut de même dans le cas d'une électrode négative en or.

4° Dans une autre série, avec des électrodes d'or ou d'argent, on ne vit aucun changement jusqu'à 110°, mais à 115° l'on n'avait plus que du soufre. Et de même, avec une électrode de platine, tout continua de même dans les deux appareils jusqu'à 120°, tandis qu'à 130° il ne se formait plus que du soufre à l'électrode négative de l'appareil de décomposition.

L'auteur a trouvé, de plus, que si l'on concentre davantage le courant au pôle négatif, et cela en diminuant la sur-

face de l'électrode, l'on diminue cette influence de la température. Ainsi, avec un fil mince de platine, le soufre ne commence à se déposer qu'à 180°. En diminuant, au contraire, l'intensité du courant, l'on voit se déposer du soufre déjà à 75° sur une feuille de platine platiné. Pour des dissolutions acides moins concentrées, le dépôt de soufre ne commence qu'à des températures sensiblement plus élevées. Pour une dissolution à parties égales d'acide concentré et d'eau, l'on ne peut pas à la pression ordinaire réaliser une température suffisamment élevée pour que ce dépôt s'effectue.

En élevant la température après que le dépôt du soufre a commencé, celui-ci continue : seulement ce corps affecte aux températures élevées une forme cristalline et non plus la forme de flocons blanchâtres.

En laissant, au contraire, refroidir l'appareil après que le phénomène a commencé, on le voit se continuer à une température souvent très-inférieure à celle à laquelle on n'avait auparavant que de l'hydrogène ; c'est là un fait que M. Warburg laisse sans explication.

L'auteur a ensuite étendu cette étude à l'électrolyse de certains sels. Le sulfate de cuivre, mis à la place de l'acide sulfurique, a donné des résultats tout à fait analogues. Les deux électrodes négatives étaient des fils de cuivre tout semblables. Au début de l'expérience, il se produisit sur l'électrode négative de l'appareil de décomposition un dépôt de cuivre spongieux, accompagné d'un dégagement d'hydrogène; mais en élevant la température jusque dans le voisinage du point d'ébullition de la dissolution, l'auteur arrêta entièrement ce dégagement. Il obtint le même effet avec des dissolutions de chlorure d'or et de chlorure de plomb. Dans les trois cas, pour que le dégagement s'arrête par suite de l'élévation de température, il faut que l'électrode négative se soit d'abord recouverte d'un dépôt métallique spongieux; tant que celui-ci ne s'est pas formé le dégagement a lieu, quelle que soit la température. Le cuivre, l'or et le plomb

spongieux, formés ainsi par ce dépôt préalable, jouent ici le même rôle que le platine platiné dans les expériences précédentes.

En résumé, l'on voit que l'acide sulfurique étendu, lequel, aux basses températures, ne donne que de l'hydrogène au pôle négatif, ne donne, au contraire, que du soufre au delà d'une certaine limite de température. Celle-ci est plus élevée quand on emploie comme électrode négative un métal poli, plus basse, au contraire, dans le cas où l'on emploie un métal présentant une surface spongieuse. De plus, ce phénomène est général et se retrouve même dans l'électrolyse des sels.

L'on peut expliquer ces faits en admettant soit que les produits de l'électrolyse ne sont réellement pas les mêmes à différentes températures, soit qu'il se produit ici une action secondaire ; les produits immédiats de la décomposition électrolytique seraient bien toujours l'oxygène et l'hydrogène, mais ce dernier gaz à l'état naissant et à des températures élevées posséderait la propriété de décomposer l'acide sulfurique pour se combiner avec l'oxygène en mettant le soufre en liberté. E. S.

CHIMIE.

GEORG KLATZO. SUR LA CONSTITUTION DE LA GLUCINE. (*Thèse*, in-8°. Dorpat, 1868.)

L'auteur expose d'abord d'une manière très-complète les travaux de ses prédécesseurs sur la glucine, et particulièrement ceux qui ont eu pour but de rechercher si cette base a pour formule Gl^2O^3, comme l'ont admis Berzélius, H. Rose et la plupart des chimistes, ou Gl O, suivant l'opinion de MM. Awdejew, Debray, etc. Il résume de la manière suivante les principaux arguments qui ont été invoqués en faveur de ces deux théories.

La formule $Gl\,O$ est appuyée par les considérations suivantes :

La constance de composition de la cymophane, aluminate de glucine naturel, représenté alors par la formule $Gl\,O, Al^2O^3$, ce qui s'explique beaucoup mieux pour une combinaison de deux oxydes de constitution atomique différente que pour une combinaison de deux bases analogues ; l'absence d'un sulfate double de glucine et de potasse analogue à l'alun ; le fait que l'hydrate de glucine absorbe l'acide carbonique, que la glucine ne peut pas se fondre avec la chaux comme l'alumine, et enfin que la glucine décompose les sels ammoniacaux par l'ébullition.

En faveur de la formule Gl^2O^3, on peut remarquer que la glucine forme, comme l'alumine, des sous-sulfates, les uns très-solubles, les autres peu solubles ; que la glucine calcinée est difficilement attaquable par les acides ; que son sulfate est décomposé par la calcination ; que la glucine est précipitée de ses sels par le carbonate de baryte, par digestion ou par ébullition [1] ; qu'elle chasse une petite quantité d'acide carbonique par calcination avec le carbonate de soude ; que son volume atomique, calculé par la formule $Gl^2\,O^3$, est égal à celui de l'alumine ; enfin que le chlorure de glucinium est volatil.

L'auteur passe ensuite à l'exposition de ses propres recherches, dont nous signalerons celles qui offrent le plus d'intérêt.

Contrairement aux indications de M. Awdejew, il n'a pu obtenir aucune combinaison du fluorure de glucinium avec les fluorures de potassium ou de sodium ; ces sels cristallisent simultanément, mais chacun sous la forme qui lui est propre.

Le sulfate de glucine n'entre point en combinaison avec

[1] Cet argument et le précédent ont peu de valeur, car d'autres bases à un atome d'oxygène se comportent de la même manière (oxydes de lanthane, de didyme, etc.). C. M.

les sulfates de sesquioxydes, tels que ceux d'alumine, de chrome, de fer ou de manganèse, et ne se mélange point avec eux par la cristallisation. En opérant ces cristallisations dans des dissolutions fortement acides, M. Klatzo a obtenu un sulfate de glucine en gros prismes rhomboïdaux obliques (dont malheureusement la forme n'a pu être déterminée, parce qu'ils perdent leur éclat et leur transparence dès qu'ils sont sortis de l'eau-mère), renfermant six équivalents d'eau, tandis que le sulfate ordinaire, en octaëdres carrés, n'en contient que quatre.

Lorsqu'on essaie de faire cristalliser un mélange de sulfate de glucine et de sulfate de potasse, ces deux sels cristallisent en général séparément. Cependant, par une lente évaporation à une température inférieure à 0°, l'auteur a obtenu un sel double, de forme indéterminable, dont la composition correspond à la formule :

$$K^2O,\ Gl\,O, 2\,SO^3 + 3\,H^2O.$$

Mais le résultat le plus intéressant de ces recherches, c'est le fait, constaté par M. Klatzo, que le sulfate de glucine peut se mélanger en proportions assez considérables avec les sulfates de la série magnésienne, sans modifier leur forme cristalline et la quantité d'eau de cristallisation. De même ces sulfates peuvent s'associer au sulfate de glucine, et former avec lui des cristaux en octaëdres carrés à quatre équivalents d'eau. Ces essais ont été faits avec des sulfates de fer, de manganèse, de zinc, de nickel, de cuivre et de magnésie. La proportion des deux bases mélangées dans les cristaux varie à mesure que la cristallisation avance, le sulfate de glucine s'accumulant dans l'eau-mère en raison de sa grande solubilité.

Ainsi, avec le sulfate de fer, l'auteur a pu obtenir des cristaux conservant la forme du vitriol ordinaire, et renfermant une quantité de glucine égale en poids à celle du protoxyde de fer, ce qui, vu la différence des équivalents de ces bases,

correspond à trois équivalents de la première pour un de la seconde. Avec les autres bases, les cristaux prennent la forme du sulfate de glucine lorsque la proportion de celle-ci l'emporte sur celle de la base magnésienne.

Ces résultats paraissent mettre hors de doute que la glucine appartient au groupe des oxydes à un atome d'oxygène.

M. Klatzo signale encore une autre analogie de cette base avec la magnésie. Si l'on fait dissoudre le carbonate neutre de glucine dans de l'eau chargée d'acide carbonique, on obtient, par une évaporation lente, des cristaux d'un carbonate neutre hydraté, $Gl\,O, CO^2 + 4\,H^2\,O$.

Il admet aussi l'existence d'un carbonate double de soude et de glucine. Mais, d'après la description qu'il donne de ce sel, il est probable que ce n'est que le carbonate de soude ordinaire à 10 équiv. d'eau, renfermant un peu de carbonate de glucine à l'état de simple mélange.

Dr Ch. WOLF. UEBER DAS AEQUIVALENT..... SUR L'ÉQUIVALENT DU CÉRIUM. (*Sillim. Americ. Journ.* (2), 45, p. 53, ou *Zeitschrift für Chemie*, 1868, p. 671.)

L'oxyde de cérium a été préparé par le procédé de Bunsen. Le sous-sulfate céroso-cérique obtenu d'après cette méthode, transformé en sulfate céreux neutre, a été soumis à des cristallisations fractionnées par une évaporation lente au bain marie. Trois des produits intermédiaires ont donné la formule $3\,(CeO, SO^3) + 5$ aq., et en moyenne pour le cérium l'équivalent 46.187, qui est un peu plus élevé que celui que d'autres chimistes ont trouvé. Quoique parfaitement incolore, le sel analysé renfermait encore des corps étrangers que les cristallisations répétées sont impuissantes à éliminer : un échantillon cristallisé vingt fois montrait encore d'une manière sensible la ligne D du spectre d'absorption du didyme.

Un meilleur procédé de purification consiste à dissoudre

le sous-sulfate céroso-cérique dans une petite quantité d'acide nitrique et à précipiter la liqueur au moyen de l'eau bouillante : le cérium se sépare seul et le didyme demeure en dissolution. Un oxyde soumis plusieurs fois à ce traitement a donné pour le cérium un équivalent qui s'est abaissé successivement de 45,76 à 45,70 et à 45,664. L'auteur ne pense pas que le didyme soit seul cause des chiffres plus élevés (46,06 et 46,07) trouvés par Rammelsberg et par Bunsen, et il croit que son résultat le plus bas pourrait être abaissé encore un peu par de nouvelles purifications. M. D.

MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

BOYD DAWKINS. (ON THE BRITISH, etc.) SUR LES MAMMIFÈRES PRÉ-GLACIAIRES DES ILES BRITANNIQUES. (*Société géologique de Londres*, 27 février 1869.)

Le nombre des mammifères post-glaciaires ou quaternaires de l'Angleterre et du Pays de Galles, s'élève à quarante-sept. Quinze d'entre eux sont spéciaux aux cavernes, trente et un sont communs aux cavernes et aux dépôts des rivières, et un seul ne se retrouve que dans ces derniers dépôts. L'auteur en conclut que les dépôts des cavernes et ceux des rivières sont synchroniques. En Écosse on n'a trouvé des restes de mammifères des dépôts post-glaciaires que dans cinq localités et en Irlande dans deux. Cette distribution inégale paraît pouvoir être attribuée à la persistance de l'état glacial de l'atmosphère en Irlande, en Écosse et dans le nord du Pays de Galles.

Les mammifères pré-glaciaires des Iles Britanniques sont les suivants :

Ursus arvernensis.	*Bos primigenius.*
» *spelæus?*	*Hippopotamus major.*
Sorex.	*Equus fossilis.*
Mygale moschata.	*Rhinoceros megarhinus.*
Talpa europæa.	» *Etruscus.*

Cervus megaceros?	*Elephas antiquus.*
» *capreolus.*	« *meridionalis.*
» *elaphus.*	*Arvicola amphibia.*
» Sedgwickii.	*Castor fiber.*
» Ardeus.	Trogontherium Cuvieri.

Les noms imprimés en italiques indiquent les espèces qui ont également vécu à l'époque post-glaciaire.

En passant des temps post-glaciaires aux temps pré-historiques, nous voyons apparaître le mouton, la chèvre, le *Bos longifrons* et le chien, et disparaître les grands pachydermes, les mammifères des cavernes, et presque tous les animaux ayant des formes septentrionales.

Les mammifères caractéristiques de l'époque post-glaciaire appartiennent aux espèces suivantes :

Homme paléolithique.	*Ovibos moschata.*
Gulo luscus.	*Rhinoceros tichorhinus.*
Ursus spelæus ?	*Elephas primigenius.*
» *ferox.*	*Lemnus.*
Felis leo.	*Spermophillus citillus.*
» *pardus.*	» *erythrogonoides.*
Hyæna spelæa.	

L'auteur termine en discutant la question de l'âge des terres à briques inférieures de la vallée de la Tamise et de Clacton. Il fait remarquer combien il est difficile d'établir, par des preuves paléontologiques, si ces argiles sont pré-glaciaires ou post-glaciaires. Il suppose que pendant l'envahissement des grands glaciers la vallée de la Tamise inférieure formait la côte de la grande mer de glace, et que le climat en était trop froid pour permettre la résidence des mammifères pré-glaciaires, mais que cette région a pu être occasionnellement visitée par ceux de leurs descendants qui ont laissé leurs ossements associés à des mammifères émigrants des régions arctiques.

Ch. Martins. Sur l'ancienne existence, durant la période quaternaire, d'un glacier de second ordre occupant le cirque du haut de la vallée de Palhères, dans la partie orientale du massif granitique de la Lozère. *(Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1868, t. LXVII, p. 933.)

On admet généralement aujourd'hui que les Alpes, les Pyrénées, les Vosges et le Jura présentent des traces de l'ancienne extension des glaciers, et quoique M. Delanoue, dans la séance du 17 février 1868 de la Société géologique de France, eût signalé quelques-unes de ces traces en Auvergne, on ne les avait pas encore décrites d'une manière détaillée dans ce pays, pas plus que dans le Vivarais, les Cévennes et le massif de la Lozère. Parmi les raisons qu'on donnait pour expliquer cette anomalie, on disait qu'aucun des sommets ne dépassant 1800^m n'avaient permis aux glaciers de s'y établir d'une manière permanente.

M. Ch. Martins vient de combler cette lacune et il a observé les diverses parties du terrain glaciaire dans la vallée de la Palhères près de Villefort dans la Lozère. Cette vallée se termine à la partie supérieure par un vaste cirque dominé par des crêtes, dont les points culminants s'élèvent de 1535 à 1683 mètres.

Près du village de Palhères, M. Martins a reconnu des blocs erratiques de 6 à 7 mètres de longueur ; plus haut dans la vallée, il a constaté la présence de la moraine droite de l'ancien glacier, celle de la moraine gauche, voisine du hameau de Costeilade, et celle de la moraine terminale ; toutes les trois sont accompagnées de nombreux blocs erratiques.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MARS 1869.

Le 1er, à 8 h. du matin, 28mm neige tombée dans la nuit; elle fond au bout de peu d'heures.

3, à 9 h. du matin, 27mm neige tombée dans la nuit; elle fond dans la journée; couronne solaire dans l'après-midi; de 3 1/2 à 4 h. on voit distinctement le parhélie à la gauche du soleil.

4, forte bise.

6, à 8 h. du matin, 12mm neige tombée dans la nuit.

7, forte bise; lumière zodiacale dans la soirée.

9, de 4 h. à 4 h. 15 m. on voit l'arc tangent supérieur au halo ordinaire.

10, le baromètre a baissé graduellement dans la journée, et a atteint le minimum de 702m,44 à 11 h. 15 m. du soir, temps presque calme et beau.

13, à 10 h. du matin, 55mm neige tombée depuis la veille au soir.

14, lumière zodiacale dans la soirée.

16, à 6 h. du matin, 10mm neige tombée dans la nuit.

18, gelée blanche; couronne lunaire dans la soirée.

23 et 24, forte bise.

28, 75mm neige tombée dans la journée; elle avait disparu le lendemain.

31, gelée blanche.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 5 à 8 h. matin	732,04
6 à 10 h. soir	725,97
12 à 10 h. soir	714,88
16 à 10 h. soir	719,70
19 à 7 h. matin	729,15
23 à 10 h. soir	720,81
25 à 10 h. soir	720,97
29 à 10 h. soir	718,85

MINIMUM.

	mm
Le 2 à 11 h. 15 m. soir	707,78
6 à 6 h. matin	720,60
10 à 11 h. 15 m. soir	702,44
14 à 6 h. matin	711,09
17 à 3 h. après-midi	713,00
21 à 3 h. après-midi	710,25
24 à 4 h. après-midi	718,33
28 à 6 h. matin	710,56
31 à 4 h. après-midi	715,84

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o		cm.
1	721,65	— 3,97	+ 4,50	+1,67	+ 0,2	+10,4	4,95	+0,46	801	+ 13	500	990	3,8	9	SO. 2	0,97	6,3	+ 0,9	100
2	712,85	—12,72	+ 5,62	+2,67	+ 2,2	+ 9,8	4,91	+0,40	730	— 55	540	840	10,6	11	SO. 2	0,89	6,2	+ 0,7	107
3	720,19	— 5,33	+ 0,44	—2,62	0,0	+ 3,4	3,98	—0,55	870	+ 88	670	1000	4,1	7	N. 2	0,74	5,7	+ 0,2	110
4	727,06	+ 1,59	— 0,64	—3,82	— 2,6	+ 1,1	3,55	—1,00	828	+ 49	630	870	...	...	NNE. 3	0,30	5,0	— 0,5	115
5	730,55	+ 5,13	— 1,81	—5,11	— 4,6	+ 1,1	3,66	—0,91	917	+141	810	950	0,5	6	variable	0,99	4,8	— 0,8	105
6	722,61	— 2,76	+ 2,12	—1,30	+ 0,1	+ 6,2	4,95	+0,36	946	+173	830	1000	6,6	9	SSO. 1	0,98	5,7	+ 0,1	100
7	724,70	— 0,61	+ 0,11	—3,43	— 1,8	+ 2,8	3,74	—0,87	843	+ 73	590	970	...	...	NNE. 2	0,38	—	—	103
8	723,48	— 1,77	— 2,16	—5,82	— 4,0	+ 0,1	2,83	—1,79	745	— 23	670	770	...	...	NNE. 1	0,93	4,9	— 0,8	104
9	716,71	— 8,48	— 0,67	—4,45	— 4,1	+ 2,0	3,34	—1,29	777	+ 11	610	890	...	...	N. 1	0,53	5,0	— 0,7	104
10	707,53	—17,60	+ 2,41	—1,49	— 1,0	+ 5,8	3,52	—1,12	670	— 94	510	820	...	...	N. 1	0,81	5,6	— 0,2	104
11	704,50	—20,57	+ 3,48	—0,54	— 1,3	+ 8,0	4,31	—0,34	751	— 11	550	950	...	...	variable	0,51	6,0	+ 0,1	101
12	711,47	—13,54	+ 1,59	—2,56	0,0	+ 6,3	4,58	—0,08	925	+165	750	980	1,3	6	variable	1,00	6,1	+ 0,2	104
13	712,36	—12,59	+ 0,43	—3,85	— 1,1	+ 4,6	3,97	—0,70	865	+107	600	970	5,6	11	variable	0,96	5,8	— 0,2	104
14	711,60	—13,29	+ 1,62	—2,78	— 2,0	+ 5,0	3,56	—1,12	712	— 44	520	880	...	...	N. 1	0,44	—	—	104
15	713,73	—11,11	+ 2,39	—2,14	+ 0,8	+ 4,0	3,55	—1,14	680	— 74	540	740	...	...	N. 1	0,94	5,9	— 0,2	104
16	716,90	— 7,91	+ 1,62	—3,04	+ 0,1	+ 3,5	3,70	—1,01	750	— 2	550	1000	1,2	5	N. 1	1,00	5,8	— 0,4	103
17	714,76	—10,02	+ 3,41	—1,37	+ 0,2	+ 6,1	3,95	—0,78	695	— 55	550	920	...	...	N. 1	0,57	5,9	— 0,3	102
18	722,71	— 2,04	+ 5,00	+0,09	— 1,0	+11,0	4,30	—0,45	683	— 65	470	950	...	...	N. 1	0,10	6,0	— 0,3	101
19	727,06	+ 2,34	+ 6,96	+1,92	+ 2,0	+12,0	4,96	+0,19	680	— 66	450	840	0,2	1	SO. 1	0,97	6,4	0,0	100
20	713,75	—10,94	+ 3,83	—1,34	+ 2,1	+ 7,8	4,41	—0,39	765	+ 21	640	830	4,9	6	SSO. 2	0,90	6,6	+ 0,2	100
21	710,92	—13,74	+ 2,59	—2,71	— 0,7	+ 5,0	4,51	—0,32	835	+ 93	660	960	...	...	N. 1	0,93	—	—	100
22	715,76	— 8,87	+ 4,21	—1,22	— 0,5	+ 7,0	4,82	—0,04	787	+ 47	660	910	...	...	N. 2	0,86	6,1	— 0,5	100
23	719,89	— 4,71	+ 4,12	—1,44	+ 3,4	+ 5,1	4,23	—0,66	720	— 18	650	770	...	...	N. 3	0,98	5,8	— 0,9	100
24	718,72	— 5,85	+ 3,35	—2,34	+ 2,8	+ 4,9	4,09	—0,83	734	— 2	650	740	...	...	N. 3	0,91	5,3	— 1,4	103
25	720,37	— 4,17	+ 3,50	—2,32	+ 2,3	+ 5,0	4,30	—0,65	759	+ 25	690	770	...	...	NNE. 2	1,00	5,6	— 1,2	100
26	720,33	— 4,18	+ 3,25	—2,71	+ 1,6	+ 5,4	3,95	—1,03	713	— 19	580	770	...	...	NNE. 1	0,99	—	—	98
27	714,77	— 9,71	+ 3,89	—2,20	+ 2,8	+ 6,0	4,02	—0,99	695	— 35	520	750	...	...	SSO. 1	0,98	5,9	— 1,0	96
28	712,60	—11,86	— 0,27	—6,50	— 1,2	+ 3,6	3,99	—1,05	912	+184	690	940	5,7	18	S. 1	1,00	—	—	96
29	718,25	— 6,19	+ 0,70	—5,66	— 4,9	+ 5,1	3,57	—1,50	751	+ 25	550	1000	...	...	N. 1	0,42	6,1	— 1,0	97
30	717,76	— 6,66	+ 4,36	—2,13	— 0,2	+ 9,8	3,64	—1,46	618	—107	320	880	...	...	variable	0,51	6,2	— 1,0	97
31	716,96	— 7,45	+ 3,85	—2,78	— 3,2	+ 9,0	3,73	—1,40	651	— 73	410	1000	...	...	variable	0,32	6,3	— 0,9	97

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1869.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	721,29	721,15	720,87	720,82	720,28	720,27	720,41	720,56	720,02
2e «	714,61	714,71	715,01	714,99	714,75	714,86	715,22	715,66	715,70
3e «	716,75	717,06	717,15	717,01	716,82	716,75	716,99	717,39	717,64
Mois	717,52	717,62	717,66	717,60	717,27	717,28	717,52	717,86	717,78
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	− 0,39	+ 0,30	+ 1,09	+ 2,33	+ 2,74	+ 2,65	+ 2,00	+ 1,39	+ 0,96
2e «	+ 0,81	+ 2,09	+ 3,34	+ 4,56	+ 5,45	+ 5,09	+ 4,41	+ 3,32	+ 2,69
3e «	+ 0,60	+ 2,06	+ 3,66	+ 4,54	+ 5,22	+ 5,00	+ 4,41	+ 3,60	+ 2,85
Mois	+ 0,35	+ 1,50	+ 2,73	+ 3,83	+ 4,49	+ 4,27	+ 3,63	+ 2,80	+ 2,19
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	3,92	4,02	3,93	3,92	4,19	4,05	3,78	3,94	4,18
2e «	4,29	4,29	4,13	4,12	4,00	4,14	4,19	4,19	4,27
3e «	4,10	4,16	4,10	4,26	4,15	4,01	3,97	4,12	4,27
Mois	4,10	4,15	4,06	4,11	4,12	4,07	3,98	4,09	4,24
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	864	832	778	713	743	729	726	777	850
2e «	881	805	711	648	597	642	676	726	767
3e «	857	780	695	677	640	632	646	698	760
Mois	867	805	727	679	659	666	682	733	791

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	− 1,56	+ 4,27	0,75	5,47	25,6	105,2
2e «	− 0,02	+ 6,83	0,74	6,06	13,2	102,6
3e «	+ 0,20	+ 5,99	0,81	5,91	5,7	98,5
Mois	− 0,44	+ 5,71	0,77	5,81	44,5	102,0

Dans ce mois, l'air a été calme 1,4 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,00 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 2°,5 O., et son intensité est égale à 44,4 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1869.

Le 1, 2, 3, brouillard tout le jour. La neige tombée dans la journée du 2 n'a pas été mesurée, parce que le vent a emporté le pluviomètre.

4, brouillard jusqu'à 4 h. de l'après-midi.

La neige tombée le 5 et le 6 n'a pas été mesurée, le pluviomètre n'ayant pas encore été replacé.

6, brouillard toute la journée.

7, id. jusqu'à 6 h. du soir.

9,10,11, id. tout le jour.

15, id. depuis 4 h. de l'après-midi.

16, id. toute la journée.

17, id. depuis 4 h. de l'après-midi. La neige tombée est trop faible pour pouvoir être mesurée.

19, id. une partie de la journée.

20, id. depuis 6 h. du soir. La neige tombée est trop faible pour pouvoir être mesurée.

21, id. tout le jour.

27, id. la plus grande partie de la journée.

28, id. tout le jour. La neige tombée dans la nuit du 27 au 28 a été emportée par le vent.

29, id. le matin et le soir.

30, la neige tombée dans la nuit du 29 au 30 a été emportée par le vent.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 2 à 10 h. soir	544,03
Le 5 à 10 h. matin	560,46	6 à 8 h. matin	552,76
6 à 10 h. soir	556,97	11 à 6 h. matin	542,80
12 à 10 h. soir	548,06	13 à 4 h. soir	545,97
19 à 8 h. matin	561,89	21 à 10 h. matin	546,17
23 à 10 h. soir	554,93	24 à 8 h. matin	553,12
25 à 10 h. soir	555,37	28 à 6 h. matin	546,00
30 à 10 h. soir	553,45		

SAINT-BERNARD. — MARS 1869.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim				
1	553,68	— 6,01	552,27	555,13	— 9,74	— 1,51	—13,4	— 6,4	.....	.....	......	NE.	3	1,00
2	547,22	—12,46	544,03	553,10	— 9,31	— 1,14	—12,7	— 5,2	80	7,5	6	NE.	3	1,00
3	550,10	— 9,58	546,71	553,92	—15,98	— 7,87	—17,6	—12,5	.....	.....	......	NE.	3	1,00
4	555,45	— 4,22	553,43	557,85	—17,93	— 9,88	—20,0	—15,0	.....	.....	......	NE.	2	0,64
5	559,30	— 0,37	557,39	560,46	—12,45	— 4,46	—16,2	— 9,6	.....	.....	......	NE.	2	0,82
6	554,96	— 4,70	552,76	556,97	—11,88	— 3,96	—12,2	—10,0	.....	.....	......	NE.	3	0,98
7	555,59	— 4,07	555,15	556,09	—13,13	— 5,28	—14,6	—10,4	.....	.....	......	NE.	2	0,72
8	553,50	— 6,16	553,10	553,97	—13,40	— 5,62	—14,6	—11,7	.....	.....	......	NE.	1	0,01
9	551,11	— 8,56	550,79	551,55	—13,94	— 6,23	—15,0	—11,3	.....	.....	......	SO.	1	0,88
10	546,89	—12,78	544,29	549,52	—12,88	— 5,24	—15,4	—10,8	.....	.....	......	SO.	2	0,94
11	544,03	—15,65	542,80	545,07	—10,83	— 3,27	—11,6	— 8,9	.....	.....	......	SO.	1	1,00
12	546,77	—12,92	544,99	548,06	—10,82	— 3,34	—13,0	— 4,6	.....	.....	......	NE.	2	0,97
13	546,32	—13,38	545,97	546,72	—11,69	— 4,29	—16,0	— 7,6	110	3,8	8	NE.	1	0,82
14	547,71	—12,00	546,17	548,84	—10,98	— 3,66	—12,8	— 7,3	65	4,7	4	SO.	1	0,59
15	548,40	—11,33	548,16	548,73	—10,70	— 3,47	—12,9	— 7,0	50	5,1	4	NE.	1	0,87
16	550,29	— 9,46	548,36	551,87	—11,70	— 4,56	—15,0	— 8,2	.....	.....	......	NE.	2	0,94
17	551,50	— 8,27	551,30	551,95	— 7,06	— 0,01	—11,8	— 4,6	.....	.....	......	SO.	1	0,52
18	558,28	— 1,51	554,07	561,43	— 6,00	+ 0,96	— 8,0	— 2,4	.....	.....	......	NE.	1	0,26
19	560,36	+ 0,54	557,83	561,89	— 6,22	+ 0,65	— 9,4	— 3,7	.....	.....	......	NE.	1	0,73
20	549,17	—10,68	547,76	551,66	— 8,83	— 2,06	—11,6	— 4,5	10	2,2	4	NE.	1	0,87
21	546,87	—13,01	546,17	548,76	—10,40	— 3,73	—13,2	— 8,0	100	7,2	4	NE.	1	0,93
22	552,17	— 7,74	550,16	553,75	— 7,54	— 0,97	—11,2	— 1,0	.....	.....	......	variable		0,07
23	554,48	— 5,46	553,75	554,93	— 7,49	— 1,02	—10,8	— 3,9	50	4,2	10	SO.	1	0,80
24	553,32	— 6,66	553,12	553,95	— 6,98	— 0,61	—12,5	— 2,4	.....	.....	......	SO.	1	0,73
25	554,81	— 5,21	553,88	555,37	— 4,82	+ 1,44	— 8,2	+ 2,0	.....	.....	......	NE.	1	0,78
26	554,39	— 5,67	553,71	554,78	— 6,68	— 0,52	— 9,6	— 3,4	.....	.....	......	variable		0,13
27	549,34	—10,76	547,61	551,37	— 8,21	— 2,16	—11,3	+ 0,6	30	2,3	4	SO.	1	0,81
28	546,68	—13,47	546,00	548,56	—11,66	— 5,72	—14,4	— 8,9	90	5,8	7	SO.	2	1,00
29	551,82	— 8,38	549,72	552,45	—12,56	— 6,73	—15,0	— 8,9	7	1,6	4	SO.	1	0,83
30	552,26	— 7,99	551,05	553,45	—10,30	— 4,58	—13,5	— 4,6	6	1,4	4	NE.	1	0,57
31	552,81	— 7,49	552,59	553,25	—10,29	— 4,69	—12,2	— 6,5	60	1,9	10	SO.	1	0,79

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1869.

---

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	553,09	553,18	553,12	552,91	552,57	552,35	552,59	552,88	552,86
2e »	549,62	550,02	550,25	550,47	550,38	550,38	550,55	550,64	550,75
3e »	551,18	551,44	551,68	551,77	551,78	551,78	551,92	552,16	552,32
Mois	551,29	551,54	551,68	551,72	551,58	551,51	551,69	551,90	551,99
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	—13,67	—12,65	—11,65	—10,95	—10,96	—11,91	—12,82	—13,45	—13,73
2e »	—11,58	— 9,62	— 7,59	— 6,68	— 6,31	— 7,85	— 9,58	—10,01	—10,34
3e »	—11,74	— 9,10	— 6,93	— 5,06	— 4,54	— 6,60	— 9,21	— 9,86	—10,48
Mois	—12,31	—10,41	— 8,66	— 7,48	— 7,18	— 8,72	—10,49	—11,07	—11,48

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	—15,17	—10,29	0,80	7,5	80
2e »	—12,21	— 5,88	0,76	12,8	235
3e »	—11,99	— 4,09	0,68	24,4	343
Mois	—13,09	— 6,67	0,74	44,7	658

Dans ce mois, l'air a été calme 8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,31 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E , et son intensité est égale à 50,8 sur 100.

* Voir la note du tableau.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXIV (NOUVELLE PÉRIODE)

1869. — Nos 133 à 136.

Pages

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

